

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería de Organización Industrial

Análisis de la combustión y mantenimiento de un Horno de Recalentamiento Siderúrgico

Autor: Juan Manuel Gandul Fernández

Tutor: Miguel Torres García

**Departamento de Ingeniería Energética
Grupo de Máquinas y Motores Térmicos
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2019



Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería de Organización Industrial

Análisis de la combustión y mantenimiento de un Horno de Recalentamiento Siderúrgico

Autor:

Juan Manuel Gandul Fernández

Tutor:

Miguel Torres García

Profesor Titular de Universidad

Departamento de Ingeniería Energética
Grupo de Máquinas y Motores Térmicos
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2019

Trabajo Fin de Grado: Análisis de la combustión y mantenimiento de un Horno de
Recalentamiento Siderúrgico

Autor: Juan Manuel Gandul Fernández
Tutor: Miguel Torres García

El tribunal nombrado para juzgar el Trabajo Fin de Grado arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2019

El Secretario del Tribunal

ÍNDICE

1. FUNCIÓN.....	1
2. DESCRIPCIÓN.....	1
3. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.....	6
3.1 MEDIDAS.....	6
3.2 DATOS CARACTERÍSTICOS.....	6
3.3 MATERIAL A TRATAR.....	8
3.4 ESTRUCTURAS Y REFRACTARIO.....	9
3.5 ALIMENTACIONES.....	9
4. EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO.....	10
5. EQUIPAMIENTO TÉRMICO.....	10
5.1 COMBUSTIÓN DEL HORNO.....	10
6. DISPOSITIVOS DE MOVIMIENTO.....	16
7. PERSONAL EN INTERACCIÓN CON EL EQUIPO.....	18
8. DISPOSITIVOS Y NORMAS DE SEGURIDAD.....	20
9. INDICIONES ESPECÍFICAS PARA EL MANTENIMIENTO.....	22
9.1 TIPOS DE MANTENIMIENTO.....	23
9.1.1 SEMANAL.....	23
9.1.2 MENSUAL.....	24
9.1.3 TRIMESTRAL.....	24
9.1.4 SEMESTRAL.....	24
9.1.5 ANUAL.....	25
9.2 NORMAS DE SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO.....	26
9.3 COMPORTAMIENTO EN CASO DE AVERÍA.....	26
10. MANTENIMIENTO ANUAL EN PARADA ORDINARIA.....	26

10.1 INTRODUCCIÓN.....	26
10.1.1 OBJETIVO.....	27
10.1.2 MEDIDAS PREVENTIVAS	27
10.2 DEFINICIÓN DE ALCANCE.....	28
10.2.1 PROCESO PREVIO.....	28
10.2.2 FASE I: DESMONTAJE DEL VESTÍBULO.....	28
10.2.3 FASE II: VACIADO DEL HORNO.....	29
10.2.4 CONSIGNACIÓN DE SERVICIOS.....	32
10.3 TAREAS DE MANTENIMIENTO:.....	33
10.3.1 TRABAJO PREVIO.....	33
10.3.2 RECUPERADORES.....	34
10.3.3 BÓVEDA.....	38
10.3.4 PAREDES.....	45
10.3.5 SOLERA.....	47
10.3.6 ALCANCE DE TRABAJOS.....	50
10.4 DEFINICIÓN DE ESTÁNDARES:.....	51
10.5 FIN DEL PROCESO DE MTTO. (PUESTA EN MARCHA).....	57
10.5.1 LLENADO DEL HORNO.....	58
10.5.2 MONTAJE DEL VESTÍBULO.....	58
10.5.3 RAMPA DE CALENTAMIENTO.....	58
11. CONCLUSIÓN: PLIEGOS DE CONDICIONES Y PETICIÓN POR PARADA.....	60
12. REFERENCIAS.....	62
I. ANEXO C: PLANOS DE EQUIPAMIENTO TÉRMICO	
II. ANEXO D: PLANOS ZONAS	

ILUSTRACIONES

Imagen 1: Detalle de los Raíles de Entrada y Salida.....	2
Imagen 2: Detalle de la Solera.....	3
Imagen 3: Tolvas Cascarilla o Escoria.....	4
Imagen 4: Detalle de Bóveda (Pieza).....	9
Imagen 5: Datos Productivos de Laminación.....	13
Imagen 6: Diferencias de Combustible.....	14
Imagen 7: Recuperadores de Calor.....	15
Imagen 8: Rodillos y Puerta Salida.....	17
Imagen 9: Portillo de Inspección.....	18
Imagen 10: Puerta de Paso de Hombre.....	18
Imagen 11: Señales de Seguridad.....	22
Imagen 12: Plano Zona Vestíbulo (Módulos).....	29
Imagen 13: Grapas de Módulo de Vaciado.....	31
Imagen 14: Balancín de Módulo de Vaciado.....	32
Imagen 15: Horno Vacío.....	33
Imagen 16: Zona Mantenimiento del Horno.....	34
Imagen 17: Tapadera del Recuperador.....	35
Imagen 18: Piezas deterioradas de Cerámica.....	36
Imagen 19: Limpieza Manual del Recuperador.....	37
Imagen 20: Recuperador Limpio.....	38
Imagen 21: Limpieza de Tolvas.....	38
Imagen 22: Piezas Completamente Deterioradas.....	39
Imagen 23: Roturas y Grietas Transversales.....	39

Imagen 24: Sustitución de una Pieza Magmalox (Chaflán).....	40
Imagen 25: Pieza Magmalox Sustituida.....	40
Imagen 26: Paños de Solera en Reparación.....	41
Imagen 27: Guía Skid-Pipes.....	42
Imagen 28: Fractura Raíl.....	42
Imagen 29: Skid-Pipes (Demolición Laterales).....	43
Imagen 30: Skid-Pipes (Reparado).....	43
Imagen 31: Picado de Junta.....	44
Imagen 32: Anclaje Colocado.....	44
Imagen 33: Placas de Hormigón.....	45
Imagen 34: Capa de Fibra y de Ladrillo.....	45
Imagen 35: Detalles de Capas de Pieza (Bóveda).....	46
Imagen 36: Sustitución de Piezas (Bóveda).....	47
Imagen 37: Reparación de Juntas en Paredes Laterales.....	48
Imagen 38: Reconstrucción de Paño de Pared.....	48
Imagen 39: Paño Reparado.....	49
Imagen 40: Reconstrucción de Puertas de Entrada y Salida.....	49
Imagen 41: Rodillos de Entrada.....	52
Imagen 42: Skid-Pipes.....	53
Imagen 43: Zona Magmaloz y Rodillos Salida.....	54
Imagen 44: Zona Entrada (Raíles y Ejes).....	55
Imagen 45: Detalle Entrada (Raíl y Eje).....	55
Imagen 46: Zona Skid-Pipes.....	55
Imagen 47: Detalle Skid-Pipe.....	56
Imagen 48: Zona Magmalox.....	56

Imagen 49; Detalle de Pieza Magmalox.....	56
Imagen 50: Zona Salida (Raíl y Eje).....	57
Imagen 51: Detalle Salida (Raíl y Eje).....	57
Imagen 52: Portada de Pliego de Condiciones.....	61

TABLAS

Tabla 1: Medidas.....6

Tabla 2: Datos Característicos Generales.....6

Tabla 3: Zonas Calentamiento.....7

Tabla 4: Vía de Rodillos.....8

Tabla 5: Material Tratar.....8

Tabla 6: Alimentaciones.....9

GRÁFICAS

Gráfica 1: Factores de Emisión.....	11
Gráfica 2: Porcentaje de Emisiones por Combustible.....	12
Gráfica 3: Poder Calorífico.....	12
Gráfica 4: Rampa de Calentamiento.....	59

GLOSARIO

atm: atmósfera. Unidad de presión.

bar: bar. Unidad de presión.

°C: grado centígrado. Unidad de temperatura.

cm: centímetro. Unidad de longitud.

cm²: centímetro cuadrado. Unidad de superficie.

kg: kilogramo. Unidad de masa.

kg/h: kilogramo por hora. Unidad de caudal.

KJ/kg: kilojulio por kilogramo. Unidad de energía por unidad de masa.

T: Tonelada. Unidad de masa.

T/h: Tonelada por hora. Unidad de producción.

KW: kilovatio: Unidad de presión.

l: litro. Unidad de volumen.

m: metro. Unidad de longitud.

m²: metro cuadrado. Unidad de superficie.

m³: metro cúbico. Unidad de volumen.

mm: milímetro. Unidad de longitud.

Nm³/kg combustible: normal metro cúbico por kilogramo de combustible. Unidad de concentración.

P: presión.

PCI: poder calorífico inferior.

R.D.: real decreto.

T: temperatura.

IVA: impuesto sobre el valor añadido.

RESUMEN

El trabajo día a día concentrado en una instalación concreta del sector de producción de una Factoría hace que surjan muchas soluciones de un tipo de problema, para ello primeramente se requiere un estudio del sector en general y de la instalación en particular. En este trabajo se va a abarcar por completo el sistema de mantenimiento de un Horno de Recalentamiento Siderúrgico para el cual es necesario previamente un buen conocimiento del mismo, su función requerida, tipos de instalaciones hidráulica, mecánica, eléctrica, electrónica... Por ello antes de abordar el mantenimiento se han analizado las características, partes físicas y sobre todo el sistema de combustión del Horno. Con una buena base de conocimiento se pueden llegar a propuestas de mejora que disminuye el consumo de recursos y el tiempo de mantenimiento.

1. FUNCIÓN

La finalidad o función prevista de la máquina en cuestión es un horno de empuje para calentar lingotes de acero hasta la temperatura necesaria para realizar las tareas o trabajos específicos del sector de laminación en una industria siderúrgica.

2. DESCRIPCIÓN

El horno está formado básicamente por:

- Elementos estructurales portantes.
- Revestimientos refractarios.
- Vía de rodillos de carga y descarga (interior del horno).
- Equipamiento térmico.
- Equipamiento neumático.
- Equipamiento eléctrico.

El equipo es un horno de empuje con calentamiento unilateral y transporte de la carga sobre celosía tubular refrigerada por agua. El horno se ha construido utilizando tecnología de calentamiento regenerativo: es un tipo de horno en el que la curva de calentamiento comienza a partir de la carga, con una zona por radiación térmica, eliminando el intercambio convectivo.

Esta tecnología permite aprovechar al máximo el calor sensible de los humos y obtener así un altísimo rendimiento del horno.

- Estructura

La estructura portante del horno se ha construido con vigas que constituyen el bastidor de soporte de las chapas de blindaje y de los materiales refractarios.

La bóveda está formada por paneles de material refractario, fijados mediante unos dispositivos que los mantienen suspendidos de las vigas superiores. Para acceder a la bóveda se utiliza una escalera de peldaños.³

Las paredes están hechas de paneles modulares con material refractario, convenientemente fijados en su posición mediante dispositivos de sujeción.

La solera está hecha de paneles modulares que sirven de anclaje al revestimiento refractario (zona Skid-Pipes y zona Magmalox).

A lo largo de las paredes laterales del horno, se han dispuesto 7 portillos de apertura manual que permiten inspeccionar el horno y, si es necesario, extraer la escoria (cascarilla) de laminación. Otras dos puertas de paso de hombre y apertura manual aseguran el acceso al interior del horno.

- **Zona Skid-Pipes (railes o patines)**

La celosía tubular de los soportes de carga está formada por 6 patines longitudinales en el lado de carga y otros 6 en el lado de descarga de menor longitud. El tubo de la carga lleva un perfil de deslizamiento con un cordón de estelita de grado 6 anti-desgaste. El tubo que forma el raíl de descarga lleva un caballete de acero refractario, perfecto para el esfuerzo termo-mecánico característico de la aplicación.



Imagen 1: Detalles de los Railes de entrada y salida

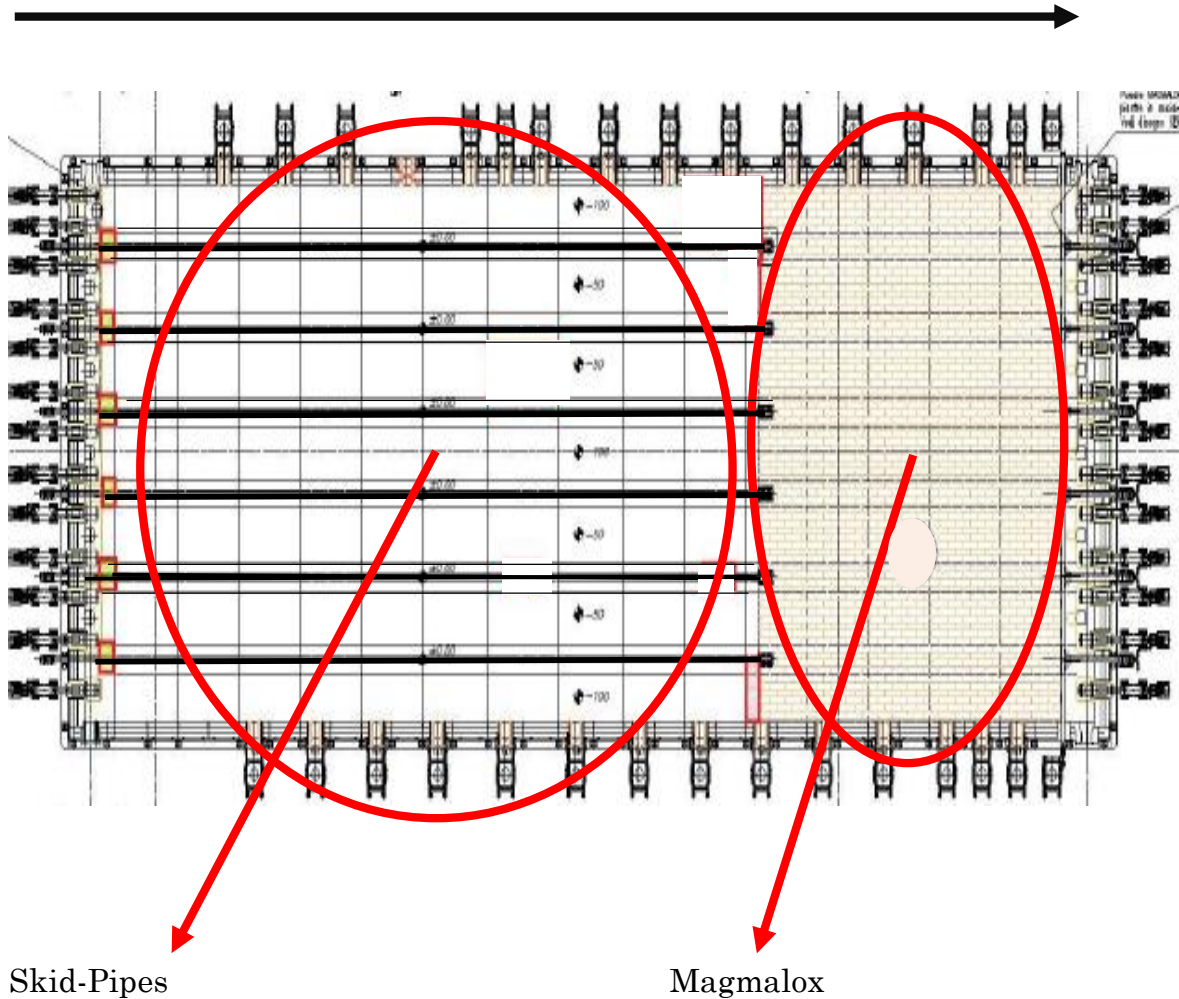
Los patines del lado de carga están fuertemente anclados a la base de la máquina que empuja los lingotes y los de descarga lo están a la base de la máquina de expulsión de los lingotes.

Todas las soldaduras sometidas a esfuerzos termo-mecánicos han sido revisadas al 100% con la técnica de los líquidos penetrante.

- **Zona Magmalox**

Consta de 680 piezas sobre las que se deslizan los lingotes tras pasar por los patines longitudinales. La primera fila lleva fabricado un chaflán para evitar el choque directo de los lingotes con el Magmalox y que éstas no se vean deterioradas. Entre las piezas se sitúan juntas de fibra cerámica de 3 mm de espesor.

(Sentido de avance)



Skid-Pipes

Magmalox



Imagen 2: Detalle de la Solera

- Modo funcionamiento

La carga de los lingotes o palanquillas se realiza lateralmente, en el interior del horno hay una vía de rodillos de admisión formada por 13 moto-rodillos, para ajustar correctamente la posición de los lingotes.

Una máquina oleodinámica (hidráulica) se encarga de empujar los lingotes en el horno (brazos o dedos empujadores). Los lingotes avanzan sobre los patines o railes longitudinales y la zona cerámica hasta alcanzar la zona de escurrido, donde se apoyan directamente sobre la solera de material electrofundición. Un dispositivo de kick-out recoge los lingotes y los deposita en la vía de rodillos de expulsión, formada por otros 13 moto-rodillos. Mediante la salida VDR, los lingotes son sacados del horno.

- **Tolvas de escoria**

A ras de la solera, bajo la vía de rodillos de carga y descarga hay unas aberturas que pueden utilizarse para la evacuación de escoria de laminación. Estos pasajes de abren mediante puertas con mecanismo neumático que funcionan con pulsadores locales.



Imagen 3: Tolvas de Cascarilla o Escoria

- **Quemadores (sistema de combustión)**

El calentamiento bilateral de la carga en tránsito se efectúa mediante pares de quemadores de llama libre dispuestos a lo largo de las paredes laterales.

La cámara del horno está dividida en 6 zonas térmicas. Cada zona está dotada de su propio control de temperatura, ésta se mide mediante termopares dispuestos en la bóveda. Cada uno de los quemadores está

dotado de un dispositivo de encendido automático y de un dispositivo de control de presencia de llama.

El encendido de los quemadores piloto se efectúa mediante una descarga de alta tensión generada por un transformador elevador. Cada quemador piloto lleva un transformador de encendido instalado en sus inmediaciones.

Cada uno de los quemadores lleva su propio acumulador cerámico, atravesado alternativamente por los gases quemados y el comburente, acumulan el calor generado del humo que sale del horno y ceden el calor acumulado al aire comburente, permitiendo un considerable ahorro energético.

En la tapa desmontable del lado de carga (Vestíbulo) se ha instalado una clapeta que funciona según el principio gravitacional y que sirven para compensar los golpes de presión que se generan al encender los quemadores.

- El aire que va a la combustión es generado por un ventilador.
- Los humos quemados son evacuados al exterior mediante un aspirador.

El ventilador de aire y el aspirador de humos están ubicados en las proximidades del horno, en posición accesible para el mantenimiento.

- **Mandos y control**

Todos los dispositivos necesarios para la reducción y el control de la línea de combustible conforme a las normas legales en vigor están concentrados en una rampa cerca del horno.

El equipo descrito cuenta con un sistema eléctrico de mando y control cuyos dispositivos están recogidos en tableros eléctricos modulares.

El comportamiento del equipo está totalmente automatizado y monitorizado por un sistema de supervisión (Pupitre Central).

La temperatura de los lingotes durante la carga y descarga se mide mediante los pirómetros ópticos instalados aguas arriba y aguas abajo del horno. Un sistema formado por 3 cámaras de circuito cerrado permite monitorizar el interior del horno, en particular la vía de rodillos de carga y el eje de descarga de lingotes.

3. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

3.1 Medidas

Tabla 1 Medidas

Longitud externa del horno	34.400 mm
Longitud interna del horno	32.870 mm
Longitud de la solera cerámica	9.945 mm
Anchura externa del horno	13.600 mm
Anchura interna del horno	12.300 mm
Altura externa de la estructura del horno desde el plano del suelo	≤ 5.860 mm
Altura interna del horno	1.490 mm
Anchura de la puerta de descarga	400 mm
Peso del equipo (sin refractario)	400 Tm

3.2 Datos Característicos

Tabla 2 Datos Características Generales

Entrada de la carga en el horno	Lateral con VDR interna
Salida de la carga en el horno	Lateral con VDR interna
Tipo de carga	Única
Tipo de calentamiento	Unilateral
Temperatura máx. de funcionamiento del horno	1250°C
Temperatura de los lingotes en el momento de la carga	800°C
Temperatura de los lingotes en el momento de la descarga	1150°C – 1200°C
Raíles (Skid-Pipes) del lado de carga	6
Paso de los raíles (carga)	1.900 mm
Medida de los raíles del lado de carga	24.000 x d127 x 22,5 mm
Raíles (Skid-Pipes) del lado de descarga	6
Paso de los raíles (descarga)	1.900 mm
Medida de los raíles del lado de descarga	2.450 x d127 x 22,5 mm
Vigas	1

Velocidad del agua en los tubos de los patines	$\leq 2,5$ m/s
Caudal de agua de refrigeración	≤ 200 m ³ /h
Variación temperatura máx. H ₂ O	12°C
Presión de prueba de los circuitos	15 bar
Tiempo de prueba de estanqueidad	30 min
Tipo de calentamiento	Por llama libre
Tipo de quemadores	De alta velocidad regenerativos
Gestión de los quemadores	Por impulsos
Nº total de quemadores	15 pares
Nº total de puntos de fuego instalados	30
Nº de ventiladores de aire comburent	1
Nº emisarios de humos	1
Potencia térmica instalada en el horno	60 MW
Potencia térmica de ajuste	45 MW
Zonas térmicas	6
Ventilador de aire comburent	1 de 315 kW
Aspirador de humos	A la atmósfera mediante emisor específico
Regulación de la presión del horno	Mediante compensadores con clapetas gravitacionales
Motores de los rodillos admisión- expulsión	26 de 3 kW
Ruido producido por el equipo	≤ 85 dB

Tabla 3 Zonas de Calentamiento

Zona 1 Precalentamiento	
Longitud de la zona	10.550 mm
Pares de quemadores regenerativos	3
Potencia térmica máx. (de ajuste)	12 MW
Zona 2 Precalentamiento	
Longitud de la zona	6.630 mm
Pares de quemadores regenerativos	3
Potencia térmica máx. (de ajuste)	12 MW
Zona 3 Precalentamiento	
Longitud de la zona	6.030 mm
Pares de quemadores regenerativos	3
Potencia térmica máx. (de ajuste)	12 MW
Zona 4 Calentamiento	

Longitud de la zona	6.180 mm
Pares de quemadores regenerativos	3
Potencia térmica máx. (de ajuste)	12 MW
Zona 5 Calentamiento	
Longitud de la zona	2.310 mm
Pares de quemadores regenerativos	2
Potencia térmica máx. (de ajuste)	8 MW
Zona 6 Ecurrido	
Longitud de la zona	2.710 mm
Pares de quemadores regenerativos	1
Potencia térmica máx. (de ajuste)	4 MW

Tabla 4 Vía de Rodillos

Moto-rodillos de admisión	13
Moto-rodillos de expulsión	13
Distancia entre ejes de pares de moto-rodillos	700/900/1000 /1150 mm
Velocidad de avance de los lingotes	1,52 m/s
Velocidad de los rodillos en el vacío	44 rpm
Potencia de cada motor	3 kW
Velocidad de rotación del motor	Variable
Diámetro eje	160 mm
Diámetro interno de paso de H2O	80 mm
Longitud del cuerpo del rodillo	335 mm
Diámetro del rodillo	300 mm
Diámetro del collar del rodillo	385 mm
Material del rodillo	Acero refractario
Caudal de H2O de refrigeración	50 m3/h
Peso estimado de cada rodillo	1000 kg

3.3 Material a Tratar

Tabla 5 Material a Tratar

Material a tratar	Lingotes de acero de carbono
Medidas del lingote	130 x 11.500 mm
Tipo de carga	homogénea
Peso del lingote	1.500 kg
Número máx. de lingotes en el horno	252
Peso máx. de lingotes en el horno	378 t

3.4 Estructuras y Refractario

Revestimiento refractario:

Bóveda: paneles modulares de hormigón refractario en primera posición y aislante en segunda, sostenidos con anclajes cerámicos enganchados a la estructura portante.

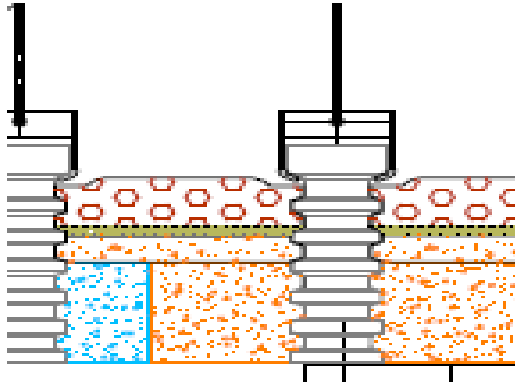


Imagen 4: Detalle de la Bóveda (Pieza)

Paredes: hormigón denso vibrado en primera posición y paneles aislantes contra el blindaje, sostenidos por anclajes cerámicos.

Solera: hormigón denso vibrado en primera posición y aislante en segunda. La zona de deslizamiento a la zona de escurrido en electro-fundición.

3.5 Alimentaciones

Tabla 6 Alimentaciones

Energía Eléctrica	
Combustible	METANO
Comburente	AIRE VENTILADO
Humos	
Fluido de Pilotaje	AIRE COMPRIMIDO
Fluido de Refrigeración	AGUA

4. EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO

El equipamiento eléctrico de mando y control incluye, en la cabina de tablero:

- Un tablero eléctrico principal para el PLC de combustión, en el que se montan y conectan el PLC y los dispositivos para la gestión de la combustión del horno. En la parte frontal del tablero se ha instalado un panel de operador.
- Un tablero eléctrico de accionamiento del ventilador de aire comburente.
- Un tablero eléctrico de accionamiento el aspirador de humos.
- Un tablero eléctrico para las vías de rodillos de carga y descarga (en el interior del horno), en el que se montan y conectan los dispositivos de potencia, para la gestión de las VDR.
- Cerca el horno está situado el tablero eléctrico de zona para la recogida y transmisión de todas las señales procedentes del campo.

En la cabina de control, en el Pupitre Central, dispuestos por el cliente, están situados el pulsador de emergencia general del horno y los dos PC del sistema de supervisión para la configuración y conducción del equipo.

5. EQUIPAMIENTO TÉRMICO

El equipamiento térmico comprende un grupo de gas situado cerca del horno que cumple las funciones de interceptación, reducción y estabilización de la presión del gas combustible y del aire comprimido de pilotaje y de servicio.

En particular, el grupo de gas está dotado con un sistema de control de estanqueidad de las válvulas principales de interceptación, a cuyo test está subordinada la posibilidad de encender el horno.

En la entrada al grupo de gas está instalado un grupo de filtro secador para el aire comprimido.

En el horno están instalados los pares de quemadores regenerativos con sus quemadores pilotos. Cerca del horno se halla el ventilador de aire comburente. Cerca de la chimenea de evacuación está el aspirador de humos y en la zona de la fosa hay dos ventiladores para la recirculación del aire.

5.1 Combustión del Horno

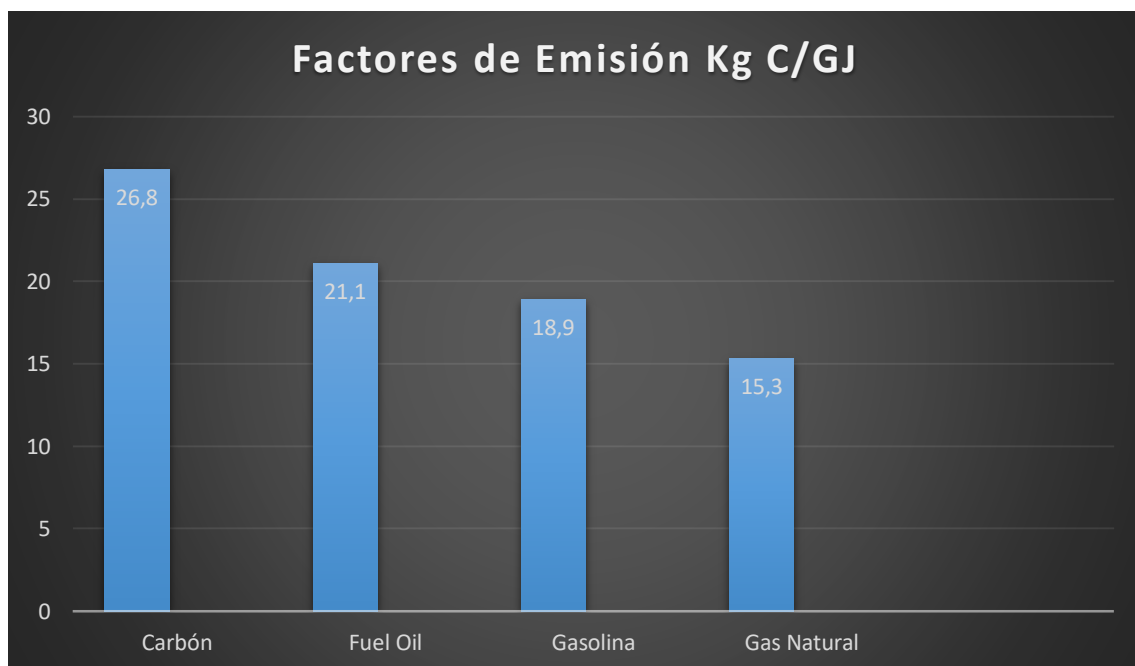
Objetivo de desarrollo: Evaluación del impacto de sustitución de combustible e instalación de recuperadores de calor.

Es un proyecto de sustitución de combustible (fuel-oil a gas natural) en un horno de recalentamiento de lingotes de acero, preparado para trabajar desde 800°C (entrada) y 1200°C (salida).

El fin del proyecto es de mejorar la eficiencia energética del Horno para así poder subir la productividad y eliminar lo que es un cuello de botella. Además el proyecto favorece un ahorro energético disminuyendo el consumo de combustible. Los costes también se ven disminuidos a largo plazo ya que a corto plazo se debe realizar una inversión como proyecto.

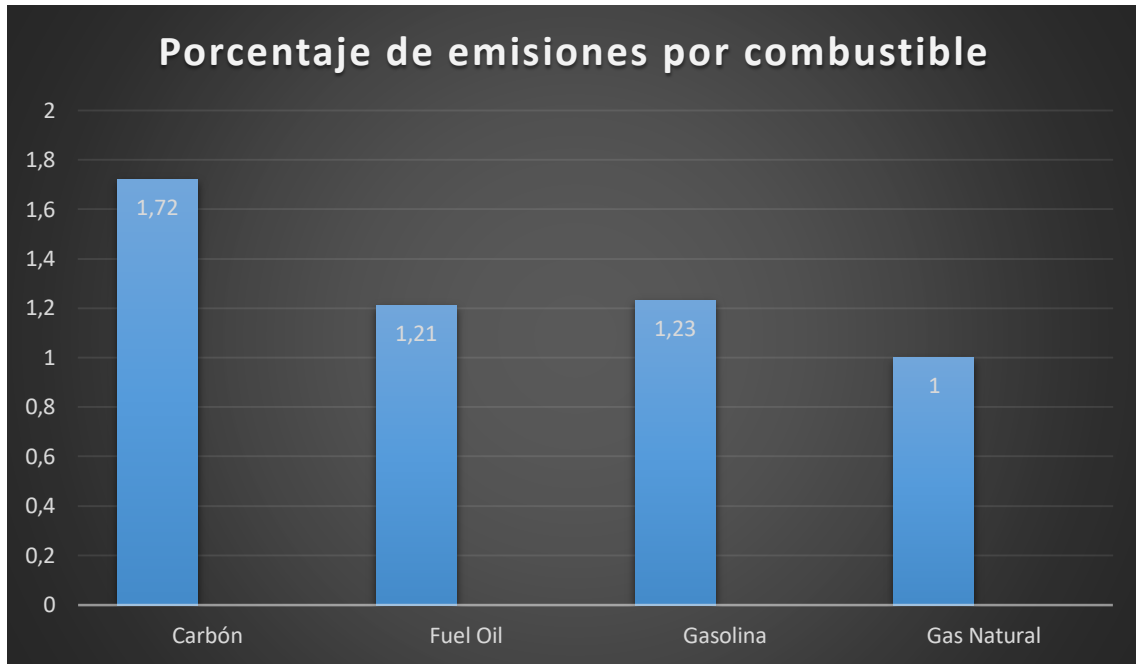
Es de destacar también una disminución en la contaminación, para ello también se incluye en el proyecto la instalación de unos Recuperadores de Calor para así hacer más efectivo el cambio de combustible y también contribuir con el medio ambiente. La conversión de los equipos a gas natural representa un beneficio ambiental en reducción de emisiones de CO₂, CO, NO_x y material particulado frente al fuel-oil.

Emisión de Carbono por tipo de Combustible:



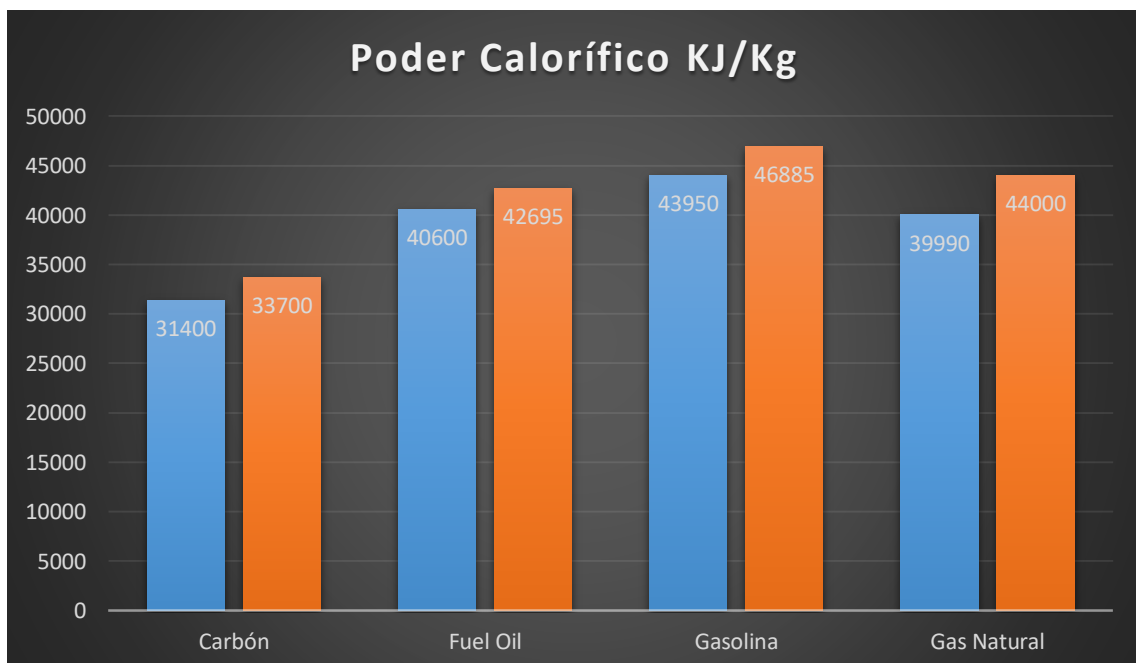
Gráfica 1 Factores de Emisión

Además podemos obtener el porcentaje de emisiones por combustible para 50.000 Kwh que producen CO₂:



Gráfica 2 Porcentaje de Emisiones por Combustible

Para mejorar el estudio también se ha analizado el poder calorífico inferior y superior de cada combustible:



Gráfica 3 Poder Calorífico

Los datos que a continuación se reflejan son datos aproximados de un día de laminación en la planta donde destacamos el consumo normal de Gas del Horno y su Eficiencia Energética:

	L1	L2	Fecha	T	H.	E.E. (Kwh)/(t)	Gas (m3)/(t)	Paro E (')	Paro M (')	Paro P (')	Paro J (')	Paro OC (')	Paro NJ (')	Paro ONC (')	Rdto. Horno	Tons. Empaq.
Paro F1..F8 (')	46	48	23/01/19	M	8	43317 (71,7)	9790 (16,2)	0	0	9	0	0	1	488 (9)	100	592,24
Pals.	338	451			(5)											
Tons.	531	697		T	10	24327 (5110,7)	3352 (704,2)	0	0	0	0	0	0	1088 (476)	100	7,28
EE (kwh)	85132 M:20406 T:20927 N:43799	43627 M:22911 T:3400 N:17316			(0)											
EE (kwh/t)	160,32	62,59		N	8	61115 (98,3)	14133 (22,7)	0	66	18	0	0	0	524 (68)	100	587,07
Gas (m3)	13156 M:2021 T:3352 N:7783	14119 M:7769 T:0 N:6350			(7)											
Gas (m3/t)	24,78	20,26			12	128759 (104,63)	27275 (22,16)	0	66	27	0	0	1	2080 (553)	100,00	1186,00
Tons. Empaq.	510	674	* HP = Suma(Hora Modo) - Suma(Paro ONC (Ambas Líneas)) * TH = Tons. Empaq / HP													
Tons.BC	5	0	■ MODO 5 ■ MODO 1 (LAM 1) ■ MODO 2 (LAM 2)													
Merma	3,95%	3,30%														
Merma	3,58%															

Imagen 5 Datos Productivos de Laminación

Observando los datos (es un ejemplo diario de la planta, para los cálculos usaremos una media):

E.E. = 128.759 Kwh

Gas = 27275 m3

Gas:

- 1 m3 (Gas Natural) = **11,7 Kwh**
- Precio de Gas Natural = **0,06 €/Kwh**

Fuel-Oil:

- 1 L (Fuel-Oil) = **10 Kwh**
- Precio del Fuel-Oil = **0,11 €/kwh**

Comparando ambos combustibles obtenemos datos de inversión favorables para realizar el proyecto de sustitución de Fuel-Oil a Gas Natural. Obtenemos mayor eficiencia energética y un ahorro considerable en costo.

La comparativa para la ejecución de sustitución de fuel-oil a gas natural es obvia de ahí sus enumeradas **ventajas**:

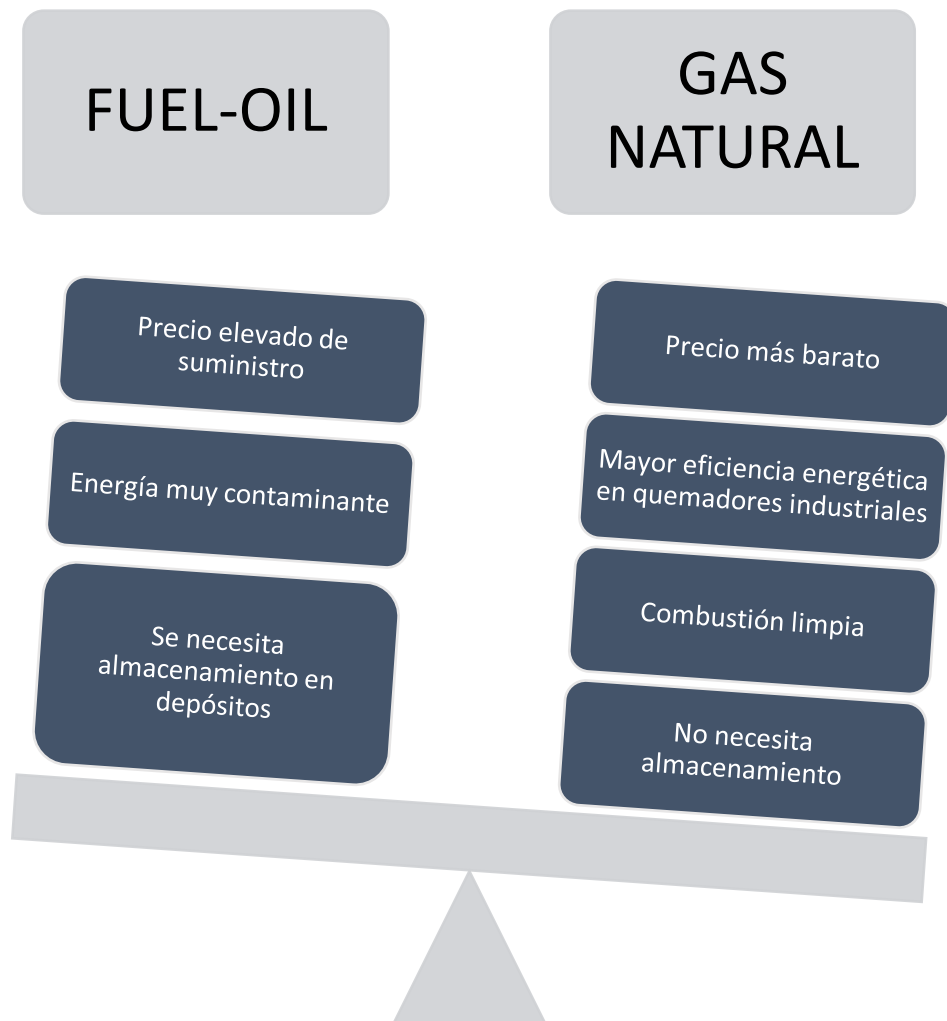


Imagen 6 Diferencias Combustible

Instalación de Recuperadores de Calor:

Los recuperadores de calor, son equipos cuya función es aprovechar las propiedades psicrométricas (temperatura y humedad) del aire que extraemos, e intercambiarlas con el aire de ventilación que impulsamos del exterior. En este proceso de intercambio, no se mezclan el aire del exterior y el aire del interior y así se reduce el consumo energético de la instalación.

Para dicha instalación es necesario disponer de ventilación mecánica, con ventiladores de impulsión de aire exterior, y ventiladores de extracción de aire.

- A mayor caudal, menor es la eficiencia de un recuperador de calor.

- A mayor diferencia de temperatura entre el aire exterior y el aire interior, más eficiencia del recuperador de calor.

Conociendo sus beneficios y para culminar el proyecto de cambio de combustible si instalan en la zona superior del horno 30 recuperadores de calor tal y como se puede ver en la siguiente imagen:



Imagen 7 Recuperadores de Calor

Monitorización O₂, CO₂, NO:

Se ha medido el exceso de oxígeno en los puntos del proceso de combustión y se utiliza para controlar la eficiencia de la combustión. Este enfoque ha demostrado ser eficaz y ha sido ampliamente adoptado, utilizando el sencillo principio de que si los niveles de oxígeno de salida son bajos, entonces el combustible no está siendo plenamente quemado y por lo tanto se desperdicia. Por el contrario, si hay un exceso de oxígeno dejando el proceso, entonces las pérdidas de calor de los gases de escape conducen a una menor eficiencia.

Se ha considerado la monitorización de monóxido de carbono como un indicador de la eficiencia de la combustión. Esta técnica proporciona un ajuste mucho más preciso de la combustión óptima y mejora el control en situaciones donde las condiciones de carga varían. El potencial de ahorro mediante la monitorización combinada de oxígeno y de monóxido de carbono ha demostrado ser muy significativa.

Los estudios han indicado que mediante la monitorización de CO puede reducirse aún más el exceso de O₂ por lo menos 0,5% y puede producir un ahorro en los costes de combustible por sí solos, de 100.000 €/año.

Dado que la cantidad de exceso de aire determina muchos aspectos de la proceso de combustión, es habitual medir la concentración de oxígeno en el gases de combustión y ajustar ésta al nivel apropiado para el resultado deseado.

Los analizadores de oxígeno que emplean sensores de óxido de zirconio son precisos, fáciles de usar y relativamente baratos. Sin embargo, la concentración de oxígeno puede dar una medida ambigua de eficiencia de la combustión. Por ejemplo, una caldera operando a plena carga requerirá un nivel menor exceso de aire que uno a mínima carga.

La reducción de NO_x

Recientemente las emisiones de NO_x han aumentado en importancia al hablar del control de la combustión. La introducción de quemadores de bajo NO_x, es considerado una importancia comercial.

En situaciones en las que la carga o el combustible varían, es probable que el control de la combustión solamente con la medición de oxígeno conduzca a situaciones en las que el exceso de aire está muy por encima del nivel necesario para una combustión estequiométrica. Se trata de un simple principio de que en tales circunstancias el nitrógeno y el oxígeno se combinan para formar NO_x, dando una mayor emisión que monitorizando el CO, además de O₂, para el control.

El mantenimiento de niveles bajos de CO minimiza los niveles de emisión de NO_x. El control de niveles de exceso de aire a través de la medición de CO es vital, ya que el incremento de nivel de NO_x es no lineal.

El analizador FGA 930 instalado mide Oxígeno y CO, con la consiguiente ventaja en el control de eficiencia de combustión, de forma fiable y precisa mediante una sonda de temperatura inferior a 600°C insertada en la zona de salida que mediante un sistema extractivo y a través de una manguera de 15 metros el gas llega a la parte electrónica donde se prepara y analizará el gas con células electroquímicas generando salidas de 4/20 mA y relé para cada gas.

6. DISPOSITIVOS DE MOVIMIENTO

- Vía de Rodillos:

Los lingotes se cargan en el horno mediante una vía de rodillos de admisión

formada por 13 moto-rodillos y se descargan mediante una vía de expulsión formada por 13 moto-rodillos. Cada rodillo es accionado por su propio moto-reductor.

Los rodillos son enfriados indirectamente mediante circulación continua de agua en la cavidad del eje de soporte. El cuerpo de los rodillos lleva un collar de contención para compensar el necesario lado de los lingotes en tránsito.

El extremo externo del eje de soporte lleva instalada una junta giratoria ideal para el transporte del agua de refrigeración.

Para facilitar la extracción de cada moto-rodillo, la pared del horno lleva alojados unos collares de refractario en dos mitades.



Imagen 8: Rodillos y Puerta de Salida

- Puertas de carga y descarga:

La elevación vertical de las puertas de carga y descarga se efectúa mediante un cilindro neumático para cada puerta.

- Portillos de inspección y extracción de la escoria de laminación:

Los portillos de inspección y extracción de la escoria de laminación son de apertura manual.

A ras de la solera, bajo la vía de rodillos de carga/descarga hay unos portillos que pueden usarse para evacuar la escoria de laminación. Cada puerta lleva un cilindro neumático que garantiza su apertura.



Imagen 9: Portillo de Inspección

- Puertas de inspección de paso de hombre:

Las puertas de inspección de paso de hombre son necesarias para garantizar el acceso al interior del horno para realizar su mantenimiento y son de apertura manual.



Imagen 10: Puerta de Paso de Hombre

7. PERSONAL EN INTERACCIÓN CON EL EQUIPO

Para seleccionar al personal se deberá considerar:

- Aspecto físico (sin deficiencias de ningún tipo).
- Aspecto fisiológico (equilibrio mental, sentido de la responsabilidad).
- Nivel de educación.
- Adiestramiento.
- Experiencia.
- Conocimiento de las normas, prescripciones y medidas para la prevención de accidentes.

La capacitación del personal deberá ser proporcionada a la actividad específica que realice.

- Responsable del equipo:
 - Actividad típica realizada:
 - Responsable de la gestión del equipo en lo que se refiere a las actividades de producción.
 - Competencias/ capacitación necesaria:
 - Conocimiento del funcionamiento del equipo, del entorno del que forma parte, de los reglamentos de empresa y de los aspectos relacionados con la seguridad.
- Operador encargado del uso del equipo:
 - Actividad típica realizada:
 - Uso del equipo en su estado normal de funcionamiento (manual o automático) y restablecimiento del funcionamiento después de la actuación de emergencia.
 - Adopción de las medidas necesarias para mantener la calidad de la prestación.
 - Colaboración con el personal encargado de las actividades e mantenimiento.
 - Competencias/ capacitación necesarias:
 - Conocimiento de las funciones y del empleo del sistema.
 - Capacitado para el manejo del equipo mediante un adiestramiento teórico-práctico bajo la guía de un operador experto, o bien bajo la guía de un técnico de ELTI.
- Encargado del mantenimiento mecánico:
 - Actividad típica realizada:
 - Actuaciones de mantenimiento, regulación, sustitución/ reparación de órganos mecánicos.
 - Competencia / capacitación necesaria:
 - Conocimiento de los dispositivos de seguridad empleados en el equipo.

- Conocimiento de los métodos de medición y de prueba para determinar el estado efectivo de las condiciones del equipo.
 - Capacidad de organizar las medidas para restaurar las funciones de la máquina.
 - Capacidad de redactar informes de las actuaciones de mantenimiento.
 - Formación completa de mecánico industrial con especialización y experiencia en el mantenimiento de máquinas y sistemas para ámbitos acero-metalúrgicos.
- Encargado del mantenimiento eléctrico:
- Actividad típica realizada:
 - Actuaciones de mantenimiento, regulación y sustitución de naturaleza eléctrica / electrónica.
 - Competencias/ capacitación necesaria:
 - Conocimiento de los equipos e instalaciones eléctricas.
 - Conocimiento de los componentes eléctricos y de los dispositivos de seguridad empleados en el equipo.
 - Conocimiento de las técnicas de control y regulación eléctrica. Conocimiento de los métodos de decisión y de prueba para determinar el estado efectivo de las condiciones del equipo.
 - Conocimiento de los métodos de detección de anomalías y averías eléctricas y experiencia en los sistemas eléctricos de mando y control de la maquinaria industrial.
 - Capacidad de organizar las medidas para restaurar las funciones/ prestaciones de la máquina.

La posesión de las competencias indicadas es condición indispensable para el uso y mantenimiento del equipo en seguridad.

8. DISPOSITIVOS Y NORMAS DE SEGURIDAD

Los dispositivos de seguridad pueden ser pasivos o activos:

- Pasivos:
 - Eliminan o reducen los riesgos para los operadores sin que éstos tengan que intervenir activamente.

- Entran en esta categoría las protecciones fijas soldadas de forma permanente, las empernadas...
- Activos:
 - Requieren la intervención activa y consciente del operador para desarrollar su acción preventiva.
 - Entran en esta categoría por ejemplo los dispositivos de bloqueo con pulsadores de emergencia.

Normas de seguridad:

1. Leer mensajes de seguridad (instrucciones y advertencias).
2. Se prohíbe modificar dispositivos de seguridad.
3. Controlar regularmente el funcionamiento y la adecuación del sistema eléctrico.
4. No utilizar el equipo en lugares con riesgo de explosión.
5. Controlar que los componentes y las partes del equipo sean adecuados y conservados.
6. Controlar el buen funcionamiento de los pulsadores de “Parada de Emergencia”.
7. Zona operativa libre de obstáculos y sin personal expuesto no autorizado.
8. Señales de prevención de accidente visibles.
9. Todo operador que descubra un defecto deberá informar al responsable del equipo y si es necesario aplicar una señal de peligro.
10. En caso de interpretación dudosa consultar siempre al personal técnico encargado.
11. En caso de incendio no utilizar en ningún caso los chorros de agua. Consignar todas las fuentes de alimentación y utilizar los extintores homologados.

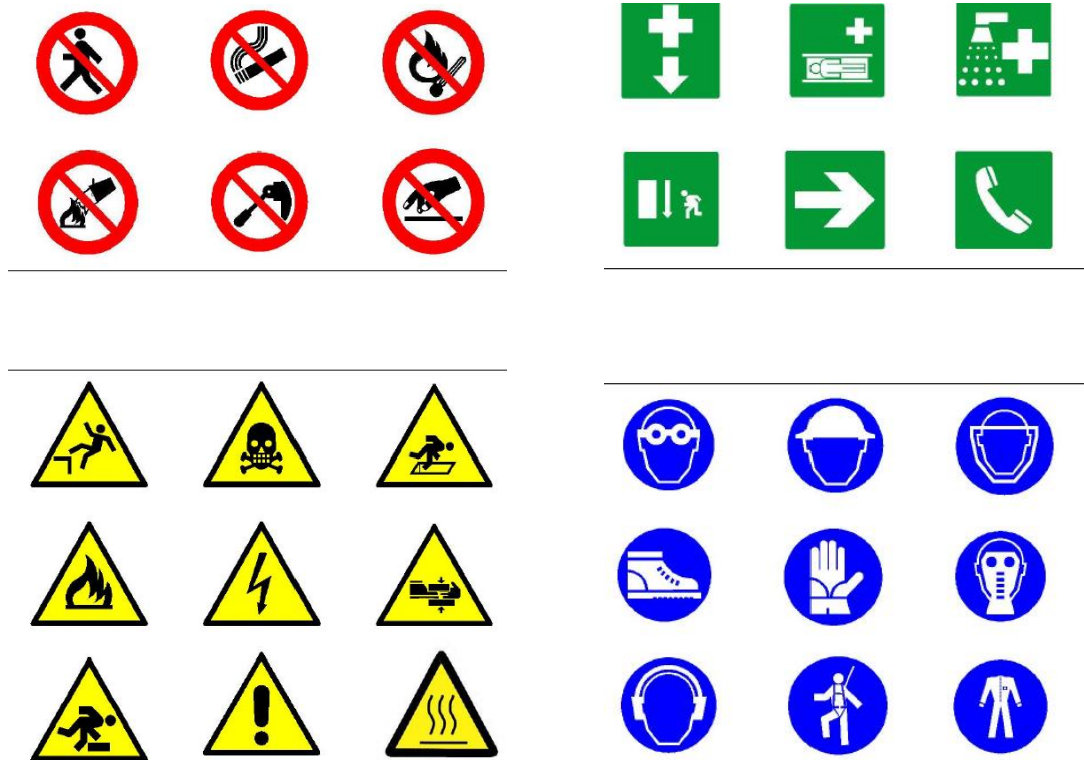


Imagen 11: Señales de Seguridad

9. INDICACIONES ESPECÍFICAS PARA EL MANTENIMIENTO

Las operaciones de inspección y de mantenimiento, para ser eficaces, deberán efectuarse con regularidad. Es de suma importancia que dichas operaciones de control de los dispositivos de seguridad y de mantenimiento del equipo sean debidamente planificadas, y que se lleve un registro de las mismas de fácil localización y consulta.

En dicho documento de registro, los miembros del equipo de mantenimiento deberán anotar las actuaciones efectuadas y cada uno de los problemas observados, para así tener un histórico de la vida del sistema.

El programa de mantenimiento deberá cubrir los siguientes aspectos:

- Elegir un responsable del programa.
- Hacer conocer a los operadores el funcionamiento general del equipo.
- Seguir las instrucciones dadas por el fabricante en las normas de mantenimiento preventivo.
- Establecer una rutina de inspección (por módulos, controles periódicos...).

9.1 Tipos de Mantenimiento

- Mantenimiento Preventivo: las operaciones para prevenir la aparición de problemas en el funcionamiento del equipo.
- Mantenimiento No Preventivo:
 - o Ordinario: las operaciones que restablecen el buen funcionamiento del equipo cuando éste no funciona correctamente pero que no requieren la intervención de personal con capacitaciones profesionales específicas.
 - o Extraordinario: todo lo que no entren en las operaciones de mantenimiento ordinario o de montaje y desmontaje rutinario del equipo en uso cotidiano.

Las personas implicadas en el mantenimiento del equipo deberán estar capacitadas para el desempeño de las actividades necesarias. Dicha capacitación deberá comprobarse en el momento de asignarles el encargo, y deberá mantenerse actualizada mediante cursos profesionales.

Cualquier actuación de mantenimiento extraordinario efectuada por personal no especializado y sin autorización comportará la anulación de la garantía del equipo.

No respetar los mencionados procedimientos de mantenimiento o la periodicidad definida con más detalle a la sección correspondiente, comportará la anulación inmediata de todos los términos de garantía, sin exclusión y sin obligación de notificación expresa.

9.1.1 Semanal

- Efectuar la lubricación manual de las cadenas de levantamiento de las puertas.
- Comprobar el buen funcionamiento del sistema centralizado de los moto-rodillos, así como el nivel de grasa de las bombas.
- Comprobar que las presiones de gas, aire comburente, aire comprimido y aire de recirculación en la fosa no se aparten de los indicados en los esquemas térmicos.

- Comprobar que las presiones, caudales y temperaturas del agua de refrigeración sean correctas, en particular:
 - Agua de entrada y salida generales.
 - Agua de entrada y salida de los patines, vigas y rodillos.
 - Agua de entrada y salida de las cámaras de circuito cerrado.
- Comprobar el nivel de escoria de laminación en la zona de carga-descarga y vaciarla por los portillos.

9.1.2 Mensual

- Limpiar los vidrios de protección de las células fotoeléctricas.
- Comprobar el buen funcionamiento de los quemadores, controlando que el valor de la corriente de detección de la llama sea mayor o igual a 2 nano-Amperios.
- Comprobar la estanquidad de las tuberías de alimentación y distribución del agua de refrigeración, prestando especial atención a los potenciales puntos de pérdidas.
- Comprobar el nivel de aceite en los moto-reductores de la vía de rodillos y rellenar con aceite AGIP BLASIA (ISO VG20).
- Comprobar el nivel de aceite en los lubricadores de aire comprimido y rellenar.

9.1.3 Trimestral

- Efectuar la lubricación anual de los cojinetes del ventilador de aire y el aspirador de humos utilizando grasa CASTROL SUPERGREASE 2.
- Comprobar que los siguientes componentes estén en perfecto estado y funcionen perfectamente, y sustituirlos si fuera necesario:
 - Quemadores piloto.
 - Lanzas de gas quemadores regenerativos.
 - Dispositivo de encendido de los quemadores.
 - Dispositivo de vigilancia de la llama de los quemadores.
 - Válvulas de aire comburente y humos.
 - Termopares y cables de conexión.
 - Tubos flexibles.
 - Juntas anti vibración / flexible / de dilatación en las tuberías de gas, aire y humos.

9.1.4 Semestral

- Comprobar la estanqueidad de las tuberías de alimentación y distribución del gas metano prestando especial atención a las potenciales fuentes de pérdida.
- Comprobar que los siguientes materiales estén en perfecto estado:
 - Revestimientos refractarios de la solera, paredes, bóveda, patines y vigas.
 - Revestimientos refractarios de las puertas de carga y descarga y portillos varios.
 - Bloques de electro-fundición de la solera.
 - Caballetes de los patines.
 - Revestimientos de estelita de los patines.
 - Conos refractarios de los quemadores.
 - Cuerpo de los rodillos y cascos refractario de los rodillos.
- Comprobar que los siguientes componentes estén en perfecto estado y funcionen perfectamente.
 - Transductores de presión de gas, aire y humos.
 - Analizador de O₂, CO y pirómetros.
 - Electroválvulas y componentes de equipamiento térmico.
 - Electroválvula de aire comburente y humos.
 - Ventilador de aire de refrigeración de la solera del horno, en particular el equilibrado de los rotores.
 - Conducciones de humos, clapetas y chimenea de salida.
 - Moto-rodillos con sus soportes y cojinetes, para prevenir posibles bloqueos.
 - Dispositivos de movimiento y fin de carrera de puertas y portillos.
- Comprobar el buen funcionamiento de los dispositivos de seguridad que impiden el encendido y el funcionamiento del horno y/o generan señales de alarma acústicas y visuales, simulando las condiciones de alarma que los activa.

9.1.5 Anual

- Comprobar que los recuperadores de los quemadores regenerativos estén en perfecto estado y funcionen perfectamente. Realizar su correspondiente mantenimiento.
- Sustituir la batería del PLC.
- Realizar el mantenimiento en parada anual ordinario al horno en completo:
 - Vaciado del horno de palanquillas o lingotes.

- Limpieza, reparación y sustitución de piezas, módulos... (bóveda, solera, paredes...).
- Puesta en marcha del horno.

9.2 Normas de Seguridad en el Mantenimiento

- Se prohíbe efectuar intervención no recogida en las instrucciones.
- No deben intentarse reparaciones sin autorización previa.
- Se prohíbe el uso de medios no autorizados para acceder a partes del equipo.
- No deben usarse llamas libres en proximidad de colectores de gas.
- Asegurarse de que el mismo equipo esté en condiciones de seguridad.
- Aplicar cartel “MÁQUINA EN MANTENIMIENTO”.
- No desactivar nunca los dispositivos de seguridad.
- Toda intervención de equipamiento eléctrico o electrónico deberá ser realizada por un encargado de mantenimiento eléctrico.
- Cortar la tensión antes de efectuar intervenciones.
- Asegurarse de que las herramientas están en perfectas condiciones y dotadas de empuñaduras aislantes.
- Evitar el uso de disolventes inflamables o tóxicos.
- Evitar el contacto prolongado con los disolventes.
- Comprobar siempre que el personal encargado permanezca a distancia de seguridad y que no hayan quedado sobre la máquina herramientas o materiales.

9.4 Comportamiento en caso de Avería

Toda avería señalada por el sistema de alarma o notada durante el funcionamiento del equipo, deberá ser tenida bajo control. Se deberán tomar las medidas correctivas posibles (siempre en el marco de las indicaciones dadas por el fabricante en el manual) para restablecer las condiciones de funcionamiento normal del equipo lo más rápido posible. Además las personas encargadas del mantenimiento deberán ser informadas inmediatamente para determinar y eliminar sus causas lo antes posible.

10. MANTENIMIENTO ANUAL EN PARADA ORDINARIA

10.1 Introducción

Este apartado tiene como finalidad el diseño de Mantenimiento Anual del Horno ELTI (revestimientos refractarios), el cual se basa en un proceso

ordenado y definido de limpieza, reparación, sustitución y revisión del refractario del horno.

Este mantenimiento se efectúa durante 3 semanas en la parada anual de producción de la fábrica (Julio).

Las zonas involucradas en el mantenimiento son respectivamente:

- Recuperadores.
- Bóveda.
- Paredes interiores (incluyendo puerta de salida).
- Solera.
- Vestíbulo del horno (incluyendo puerta de entrada).

10.1.1 Objetivo

El proceso de mantenimiento consiste en realizar la limpieza del interior del horno ELTI y una serie de reparaciones y sustituciones de los diferentes componentes del mismo. Tendrá que operar de forma óptima durante el transcurso del año y realizar su función requerida, la cual se basa en calentar lingotes de acero (palanquillas) hasta una cierta temperatura idónea y necesaria para el proceso de laminación.

Para conseguir el objetivo se debe llevar a cabo un exhaustivo análisis y estudio de cada uno de los subprocesos así como unos conocimientos previos por parte del personal. Estos procesos han de ser planificados antes de ser ejecutados, el equipo de trabajo debe de estar bien formado y las tareas deben estar claramente definidas.

Es de vital importancia y de obligado cumplimiento todas las normas y métodos de trabajo para con el Mantenimiento del Horno ELTI que se encuentran recogidas en su Manual de Funcionamiento, concretamente en el Documento Número 3145_00 de ELTI.

10.1.2 Medidas preventivas

Para realizar el mantenimiento del horno en parada ordinaria anual es necesario previamente conocer los procedimientos y protocolos (internos de SISE) establecidos como medidas preventivas para efectuar un trabajo seguro.

- PR – 0128 → Trabajos en Espacios Confinados

- LAP – 1108 → Protocolo de Consignaciones en Mantenimiento Anual
- LAP – 1110 → Protocolo de Tareas en Refractario

10.2 Definición de Alcance

10.2.1 Proceso previo

El proceso comienza el día y hora estipulada de la orden de parada programada del horno.

- Tareas previas a realizar en parada:
 - Pausar la entrada de lingotes de acero en la cámara.
 - Continuar con el sistema de empuje del horno mientras tenga alcance para efectuar salidas de palanquillas (lingotes).
 - Puesta en seguridad previa al inicio de desmontaje del vestíbulo (consignación zona de entrada del horno)
 - Número de consignación:
 - Circuito Gas → 2034
 - Puertas Entrada y Salida → 2325 , 1893
 - Central Hidráulica → 1700

La situación actual del interior del horno es de:

- Aproximadamente 240 unidades de palanquillas. (exceptuando hueco que han dejado los brazos empujadores)
- El horno se encuentra a una temperatura normal en modo de funcionamiento (acaba de realizarse la parada).

10.2.2 Fase I: Desmontaje Vestíbulo

- Realizar el desmontaje de los elementos modulares del vestíbulo:
 - Desconectar energía eléctrica (desmontar laser de entrada y motor del Flapper) realizado por mantenimiento eléctrico.
 - Desmontar Flapper o campana de extracción (parte superior del módulo 4).
 - Desatornillar módulos de vestíbulo (destapar) desde los extremos hacia dentro (7 módulos).
 - Portarlo al camión con ayuda de la Grúa 75 de SISE.
 - Transportar los elementos modulares a zona de almacenaje (preferiblemente a nave de palanquillas).

El proceso debe comenzar el día antes de la parada, dejando preparados los útiles necesarios para el desmontaje del vestíbulo así como las peticiones de uso de otros elementos:

- ✓ Pistola neumática y herramientas manuales necesarias para el desatornillado.
- ✓ Camión y camionero de servicios generales.
- ✓ Grúas y gruistas:
- ✓ Personal de Producción (4 operarios y Jefe de Equipo).

El proceso de desmontaje tiene una duración aproximada de 8 horas.

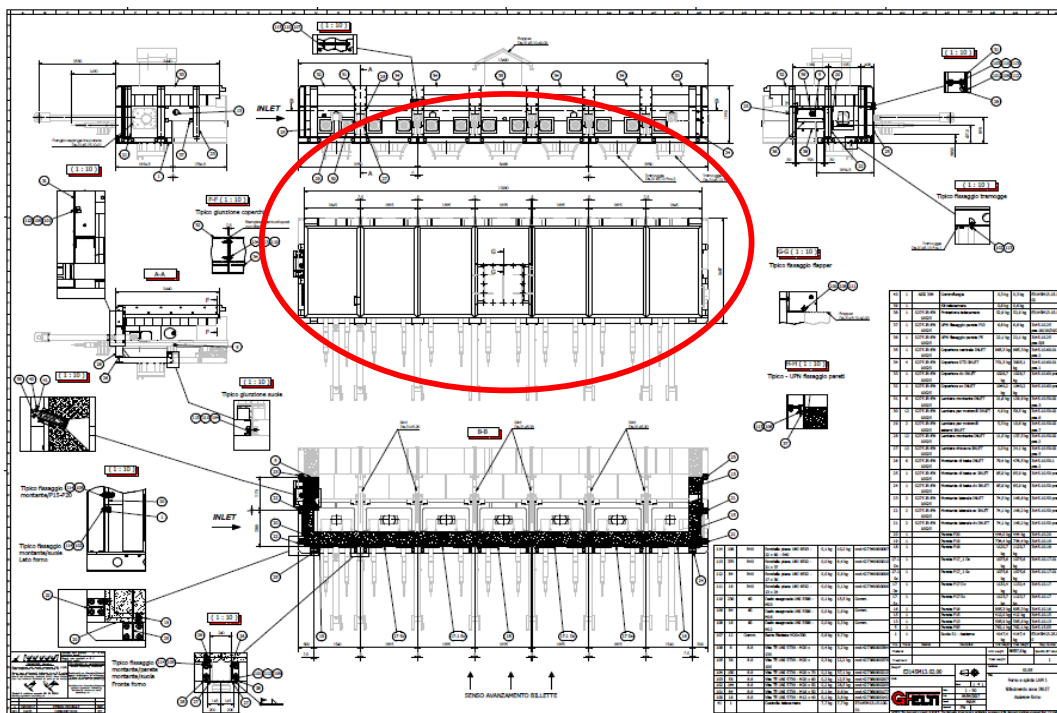


Imagen 12 : Plano Zona Vestíbulo (Módulos)

Tras la parada del horno y los módulos del vestíbulo quitados:

- Poner en marcha el ventilador de combustión y aspiración de humos en modo local desde el cuadro de accionamiento del recinto eléctrico (extremar precauciones ya que la temperatura de los recuperadores debe ser siempre $<250^{\circ}\text{C}$).

10.2.3 Fase II: Vaciado Horno

El inicio de la segunda fase del proceso se realizará pasadas 16 horas aproximadamente de la parada del horno. El objetivo es que los lingotes salgan a una temperatura menor de 500°C.

- Realizar el ensamblado y la introducción de los módulos de descarga, consistente en:
 - Montar borriquetas para el correcto trabajo de los operarios (Ergonomía del trabajo)
 - Atornillar módulos por su zona central dos a dos en el exterior del horno (sobre borriquetas).
 - Transportar a la cámara por la zona de vestíbulo (en el hueco dejado anteriormente por los brazos empujadores) con ayuda del balancín.
 - Realizar los siguientes pasos de forma simultánea una vez se encentren en el interior:
 - Atornillado de nuevo a la pareja siguiente (hasta la última pareja).
 - Colocar grapas entre parejas de módulos para facilitar posteriormente su extracción.
 - Reactivar el sistema de empuje y descarga de palanquillas cuando las primeras parejas de módulos son introducidas en la cámara.

Las palanquillas que se van descargando pasan a una zona relaminable para trasladarlas con ayuda de la Grúa a la nave o pila de palanquillas.

Se debe comprobar que dichas palanquillas están a una adecuada temperatura para ser transportadas (<500°C).

Además se tiene que tener en cuenta la seguridad de la zona debido a carga en suspensión:

- 1ª Opción: realizar el trabajo cuando no haya tránsito de personal por la zona de paso.
- 2ª Opción: acotar la zona de paso para efectuar el trabajo si se realiza en horario de tránsito de personal por dicha zona.
- Realizar extracción de módulos de vaciado o descarga en sentido contrario al de transición por el horno (tras la salida de la última palanquilla):
 - Conectar grilletes a la empujadora.
 - Unir grilletes a pieza de arrastre a través de cadenas.

- Enganchar piezas de arrastre a la última pareja de módulos de vaciado y activar empujadora.
- Separar los módulos que vayan saliendo quitando primero las grapas y luego desatornillando o directamente cortando los tornillos.
- Portarlos en el camión con ayuda de la Grúa.
- Transportar módulos de vaciado a su zona correspondiente de almacenaje cercana al horno.
- Abrir las trampillas y portillos para acelerar el enfriamiento.

Para llevar a cabo este proceso es necesario:

- ✓ Tornillería (241 unidades) Métrica 18x70 (Cód. 1192) o 18x80 (Cód. 1199) (Comercial).
- ✓ Grapas (192 unidades) (especiales de módulos de vaciado) (31.19.20.30/2).

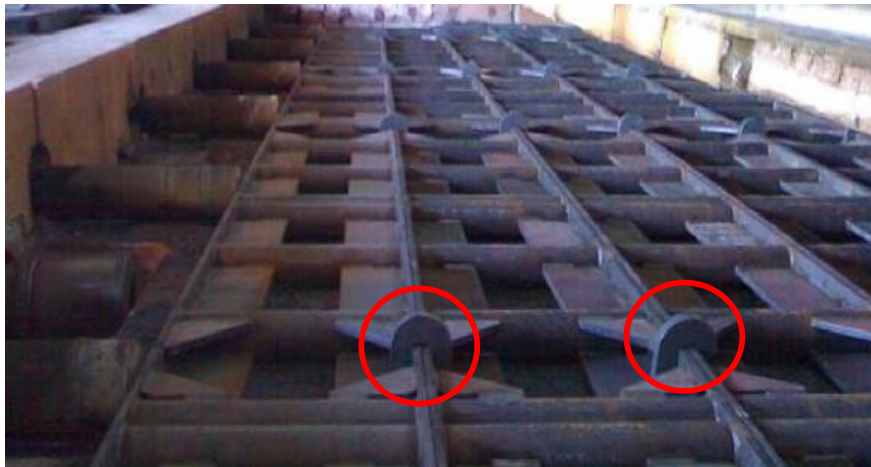


Imagen 13: Grapas de Módulos de Vaciado

- ✓ Arandelas de módulos de vaciado (D. ext 50 mm)(D. int 20 mm) (Espesor 5 mm)(Comercial), existen otras del mismo D. int pero de 35 mm exterior y 3 mm de espesor.
- ✓ Tuercas de tornillería (241 unidades) (Cal 8.8) (Comercial).
- ✓ Módulos de Descarga (98 unidades) (Plano 31.19.20.30/1).
- ✓ Balancín para la introducción de módulos al horno (Imagen 3):
 - Eslingas de torsión certificadas con grilletes de lira y pulpos de cable de acero. (4 ramales).
 - Orejetas de suspensión (30 mm) por la grúa y de eslingas.
- ✓ Piezas de arrastre del conjunto de módulos para su extracción.
- ✓ Grilletes y cadenas (unión a pieza de arrastre).
- ✓ Grúa nº 75 y gruistas.
- ✓ Carretilla y carretillero de servicios generales.

- ✓ Personal de Producción. Dos operarios atornillando fuera, dos atornillando dentro y Jefe de Equipo controlando la maniobra.



Imagen 14: Balancín de Módulos de Vaciado

Todos los útiles de tornillería, arandelas y grapas se encuentran en el almacén general o por su defecto en una zona de repuestos cercana al horno.

La fase del vaciado del horno se realiza en un intervalo de tiempo aproximado de 10-12 horas.

10.2.4 Consignación de servicios.

En cuanto al sistema de refrigeración las paradas se efectúan según la alimentación sea a un útil exterior o interior. Para ello no se deberá desconectar dichos sistemas hasta que con la ayuda de un pirómetro y sus correspondientes mediciones no se obtenga la temperatura adecuada por zonas (interior $\rightarrow <100^{\circ}\text{C}$).

Las temperaturas del agua de los rodillos y de los raíles se puede comprobar visualmente en las pantallas del Pupitre Central, pero su consignación se realizará manualmente desde las válvulas, ya sea al sistema de refrigeración general o específico de cada máquina.

Rodillos:

- Entrada: al quitarse el vestíbulo, éstos bajarán de temperatura más rápidamente y se podrá consignar el agua antes para que se le realice su mantenimiento (tomar mediciones con pirómetro en rodillos).
- Salida: su bajada de temperatura será más lenta, aun así permanecen siempre en movimiento (están expuestos a 1200°C aprox.) pero las condiciones de consignación serán similares a los de entrada.

Skid-Pipes:

- La refrigeración de los raíles es más minuciosa ya que no se extraen para su mantenimiento, ni tampoco se encuentran en movimiento, entonces su bajada de temperatura es la más lenta. Las condiciones y modos de consignación son las mismas que para los rodillos.

Realizado el desmontaje del vestíbulo y el vaciado del horno se pasa a un periodo de espera (72 horas aprox.) hasta conseguir una temperatura apta (55°C aprox.) y tener un estado adecuado en el interior de la cámara para efectuar el mantenimiento del Horno ELTI.

- Temperatura interior del Horno → 55°C - 60°C
- Temperatura exterior (ambiente) → 40°C - 45°C



Imagen 15: Horno Vacío

10.3 Tareas de Mantenimiento:

10.3.1 Trabajo Previo

Las tareas de mantenimiento se realizan por zonas, pero anteriormente se ha de preparar el recinto de trabajo del horno. El mantenimiento lo va a ejecutar una empresa externa experta, SISE le adjudicará una zona acotada cerca del horno para el acopio de sus materiales y herramientas necesarias.

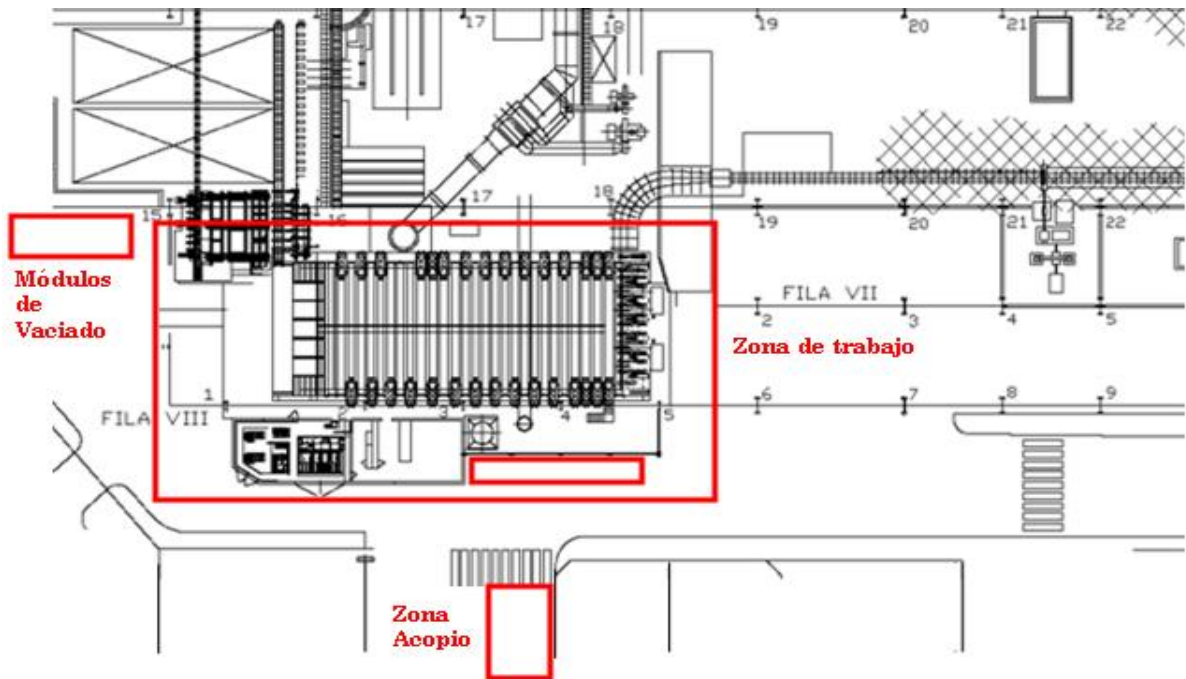


Imagen 16: Zonas de Mantenimiento del Horno

El comienzo de trabajo de dicha empresa no comenzará hasta que en el horno no se tenga una temperatura considerablemente apta para ejecutar el mantenimiento (aprox. 72).

Para dar los primeros pasos a la hora de entrar en la cámara y de evaluar el estado de la misma se tendrá la ayuda de un técnico experto de la empresa ELTI.

10.3.2 Recuperadores

El mantenimiento de los recuperadores se basa en una limpieza y sustitución de piezas deterioradas del mismo. La operación se ejecutará entre 2 y 3 operarios ya que es una tarea independiente y solo se ve afectada por las distintas coordinaciones de trabajos que haya que realizar en la zona.

Están colocados sobre la bóveda y existen 30 en funcionamiento y 2 de repuesto en la misma fábrica (zona de repuestos cercana al horno).

Partes de un recuperador:

- 3 estratos o capas de masa cerámica de 150 mm de espesor y otra última base de 300mm.
- Ladrillo rasilla refractaria (80-90% alúmina) alrededor del bloque cerámico.

Procedimiento:

- Desatornillado con pistola neumática y herramientas manuales.
- Uso de Grúa nº 75 y 74 para elevar el módulo de tapadera.
- Cada gruista dejará dicho módulo en los pasillos de la misma zona.



Imagen 17: Tapadera del Recuperador

- Verificar el 1º estrato superior de los bloques cerámicos.
- Sobre cada recuperador, en la parte inferior, hay un tubo de purga con su correspondiente tapón. Quitar el tapón y conectar la purga con un tubo de plástico flexible de diámetro > 60 mm a un contenedor de recolección.
- Una vez verificado los bloques, los que presenten fracturas muy abiertas, quebramientos o que de cualquier modo no se encuentren en buen estado deben ser quitados.
 - En el caso de daños en ladrillo rasilla se repondría del material de repuesto disponible en fábrica (caso no común u ordinario).



Imagen 18: Piezas deterioradas de Cerámica

- Quitar mediante un aspirador los eventuales depósitos que se encuentren presentes.
- Efectuar la limpieza del recuperador:
 - El operario se coloca en la parte superior del recuperador y sin extraer ningún bloque.
 - Realizar la limpieza con agua a presión de arriba hacia abajo (hidrolimpiadora) (tiempo estimado 5-10 min para cada recuperador).
 - Hasta que el agua que sale por la manguera no sea límpida no estarán limpias las piezas de masa cerámica.
 - El agua de la manguera va directamente a la canaleta de salida.
 - Desconectar la manguera, colocar el tapón, tapar el recuperador y atornillar de nuevo.



Imagen 19: Limpieza Manual del Recuperador

- Si se quitaron los bloques porque estaban quebrados, reponerlos con bloques nuevos y colocar nuevamente la tapa (atornillado).
- Esperar el tiempo necesario para que el recuperador se descargue del agua de lavado residual (aprox. 10 min), luego desconectar el tubo y poner nuevamente el tapón.

Normalmente las piezas de los primeros recuperadores suelen estar en buen estado por motivos de temperatura. (Recuperadores 1-3, 16-18).

En caso de necesitar una sustitución completa de la cerámica de algún recuperador u observar algún daño grave es posible realizar el recambio de un recuperador por uno de repuesto que se encuentran disponibles en la fábrica.

Una vez se han repuesto o se han limpiado las piezas de cerámica, el interior del recuperador deber quedar de la siguiente forma:



Imagen 20: Recuperador Limpio

10.3.3 Solera

Limpieza de escoria Solera

Tanto en zona Magmalox como en Skid-pipes. Para su recogida se usan volquetes en las puertas del horno y una cinta transportadora.

- Es la primera tarea que se realiza en mantenimiento con el fin de evaluar el estado de la cámara.

Limpieza de escoria en tolvas: recogida de cascarilla acumulada en zona de tolvas y canaletas.

- Las tolvas se reparan con hormigón denso Drytech 70.

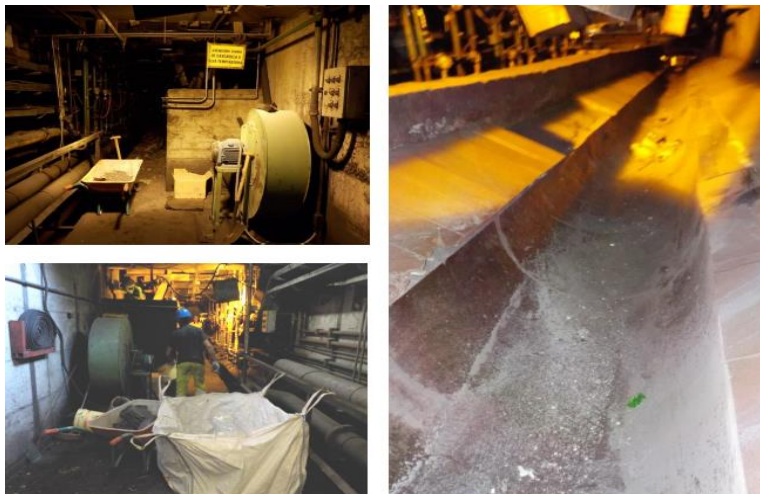


Imagen 21: Limpieza de Tolvas

Tras la limpieza de escoria se lleva cabo la evaluación de la solera realizada por el técnico de ELTI y posteriormente se realizará las diferentes reparaciones por zonas (Skid-Pipes y Magmalox).

Sustitución o reparación de piezas en zona Magmalox

- Evaluar piezas según su estado.



Imagen 22: Piezas Completamente deterioradas



Imagen 23: Roturas o grietas transversales

- Piezas con chaflán (zona más deteriorada).



Imagen 24: Sustitución de una pieza Magmalox (Chaflán)

- Realizar demolición de piezas en mal estado.
 - Retirada de escombros.
 - Verter lecho de mortero 42 ALC, para asentarlas.
 - Ejecutar sustitución de piezas.
- Zona Magmalox reparada:



Imagen 25 Pieza Magmalox sustituida

- En algunos casos en los que la zona de reparación es un espacio complicado o especial, o también porque no exista repuesto o no se decida usarlo se puede ejecutar la sustitución realizando una cobertura con hormigón ABR Clean+.

Reparación de paños de solera en zona Skid-Pipes

- o Parte de la solera puede verse levantada y agrietada, como resultado de fuerzas que aparecen con la dilatación de los materiales a altas temperaturas.



Imagen 26: Paños de Solera en reparación

Dependiendo de la profundidad que tenga el deterioro del paño de solera se llegará a una fase u otra de mantenimiento.

Para ello se emplean anclajes de Calidad AISI 310, una capa de ladrillo aislante del grupo 23 m, una capa de 235 mm de LITE 10-14, y se completa con una última capa de 180 mm de espesor con materiales denso como TIX 60 en la zona fría del horno y Drytech 70 en la zona más cercana a Magmalox.

Reparación de Skid-Pipes

- Reparar el cuadradillo de los Skid-Pipes con el fin de respetar los niveles de cotas estándares establecidos de 5 mm por encima de zona Magmalox:



- La reparación por desgaste se realiza recargando dicha zona (normalmente la zona más desgastada suele ser al principio del horno).
- La recarga de material puede ser con soldadura antidesgaste o reparación del cuadradillo si la profundidad del desgaste es considerable.

Imagen 27: Guía Skids-Pipes

- Normalmente se realiza aporte en las zonas desgastadas de las guías como tarea ordinaria, pero puede haber un caso especial en el que el cuadradillo se vea fracturado:



Imagen 28: Fractura Raíl

- Entonces esa fractura del cuadradillo se rellena con electrodos de aporte y posteriormente se recarga con una capa de soldadura (cara de arrastre de las palanquillas). Posteriormente con ayuda de una máquina radial se realiza un corte en la zona fracturada que servirá como junta de dilatación. (debe comprobarse que la rotura haya sido correctamente reparada anteriormente).

- La reparación de los laterales de las guías se realiza con una demolición de la zona afectada. Una vez demolido y llegado a la tubería del Skid, este se retaca con fibra cerámica, se recarga la zona con hormigón CAST 85 hasta cota *** y por último se vierte con paleta mortero (preferiblemente 42 ALC) hasta la cota superior del cuadradillo (cota +0 mm).



Imagen 29: Skid-Pipes demolición laterales



Imagen 30: Skid-Pipes reparado

Realizar reparación de juntas zona Skid-Pipes

- En el caso que hiciera falta una reparación de las juntas en la zona de los raíles haría falta realizar estas tareas. Dependiendo de la magnitud del daño ocasionado se llegarán a distintos niveles en cuanto al corte
 - 1- CORTE DE HORMIGÓN DENSO:
Realización de dos cortes paralelos separados entre sí 250mm en la zona a realizar la junta de dilatación previo replanteo y marcado. Los cortes se realizan mediante máquina especial con disco de diamante de 45cm de diámetro, profundizando 180-200 mm y consiguiendo cortar el hormigón denso.
 - 2- PICADO, DESESCOMBRADO Y LIMPIEZA:
Demolición de todas las capas de hormigón mediante martillo compresor traslado de escombros, retirada de la fibra de la base y limpieza de la zona.

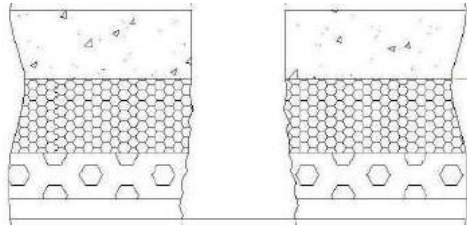


Imagen 31: Picado de junta

▪ **3- JUNTA Y ANCLAJES:**

Se coloca una junta lineal de fibra cerámica de 40 mm de espesor y 370 mm de altura. Para ser sustentada y poder verter posteriormente el hormigón se encofrará con tablero de madera que será retirado una vez hormigonado. Posteriormente se soldaran anclajes a chapa para anclar el nuevo hormigón.

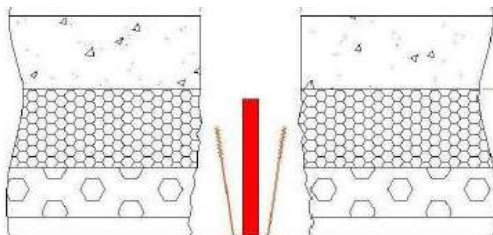


Imagen 32: Anclaje colocado

▪ **4- PLACA SILICATO:**

Colocación de placa de silicato cálcico de 50 mm de espesor en la base.

▪ **5- 1ª CAPA:**

Vertido de hormigón aislante Alfran Lite 7-11 para rellenar la 1ª capa inferior de 120 mm de espesor.

▪ **6- 2ª CAPA:**

Vertido de hormigón refractario Alfran Lite 10-14 para rellenar la segunda capa inferior de 195 mm de espesor.

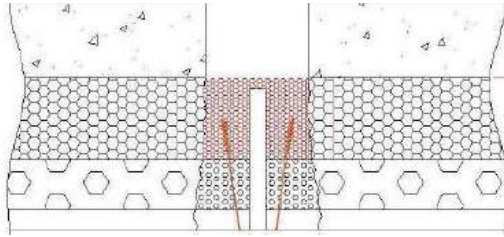


Imagen 33: Placas de Hormigón

▪ 5- JUNTA FIBRA CERÁMICA:

Colocación de junta de fibra cerámica de 10mm de espesor a ambos lados de los cortes de la capa de hormigón denso.

▪ 6- 1ª CAPA DE LADRILLO:

Colocación de primera capa de ladrillo de 65 mm de espesor. Colocado a eje de junta, 230 mm de ancho, SIN MORTERO. (Suministro de ladrillos por cuenta de SISE)

▪ 7- 2ª CAPA DE LADRILLO:

Colocación de segunda capa de ladrillo de 115 mm de espesor. En ambos laterales y en la zona central se realizarán los desniveles, de 115 a 65 mm de espesor. Colocado a eje de junta, 230 mm de ancho, SIN MORTERO. (Suministro de ladrillos por cuenta de SISE).

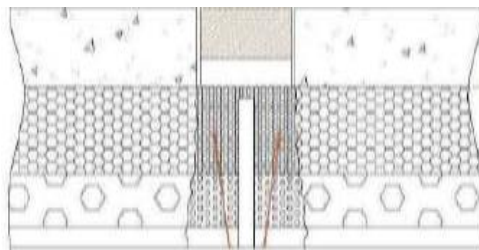


Imagen 34: Capa de fibra y de ladrillo

10.3.4 Bóveda

Corresponde al conjunto de pieza y anclaje cerámico del techo en suspensión de la estructura portante así como el material aislante y fibra superior.

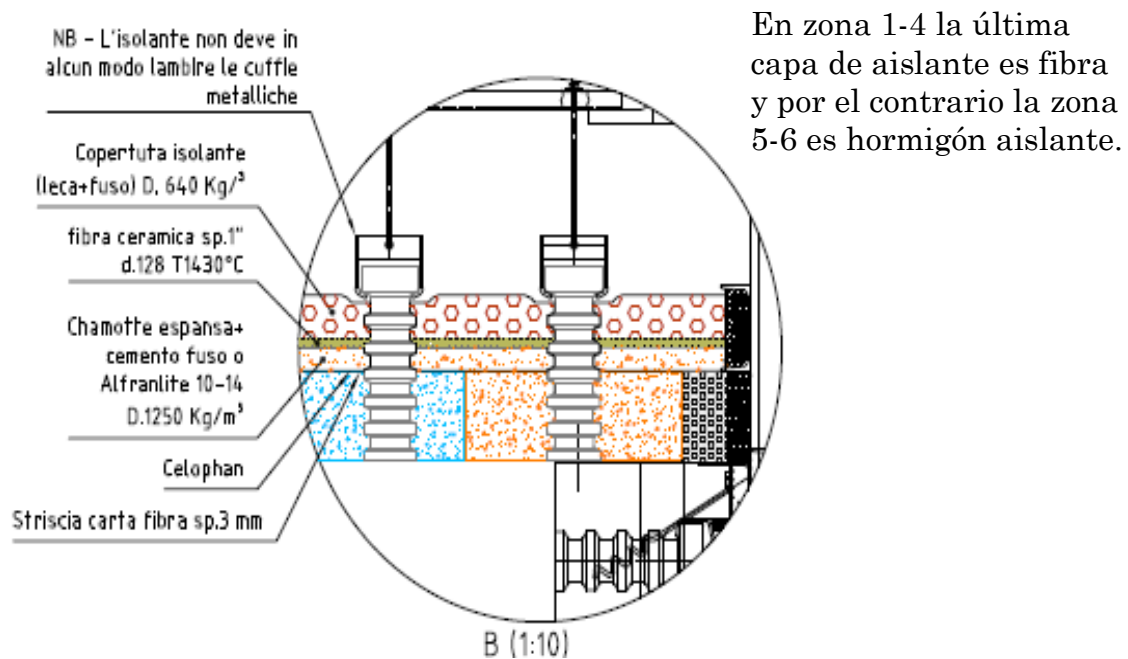


Imagen 35: Detalle de capas de Pieza de Bóveda

Sustitución de Piezas en la Bóveda

- Evaluación de las piezas dañadas o deterioradas significativamente.
- Identificar dichas piezas desde el plano y en la cámara.
- Protección de solera por riesgo de derrumbe de alguna trozo de pieza
- Demolición por la parte superior de la bóveda de la zona de las piezas identificadas.
- Los recambios de piezas se acopian y elevan con ayuda de un carretilla y una mesa elevadora (Imagen 32).



Imagen 36: Sustitución de Pieza de Bóveda

- Anclaje de la pieza al gancho de la estructura.
- Colocar una capa de 3mm de fieltro cerámico.
- Colocar una capa de plástico para preservar el fieltro del agua del hormigón aislante que se le coloca encima (50mm).
- Colocar una última capa de 90mm de arlita leca y cemento aluminoso (70% alúmina).

Reparación de juntas en bóveda

Esta tarea es realizada en el interior del horno como simple revisión y reparación de juntas entre piezas de la bóveda (3mm).

- Realizar extracción de fibra desgastada con palaustre (aspirar escoria).
- Retacado de fibra nueva.

10.3.5 Paredes

En la zona del refractario correspondiente a las paredes (incluyendo zonas de puertas de salida y entrada de palanquillas) se pueden llevar a cabo dos tipos de mantenimiento:

Reparación de juntas entre módulos

- Realizar una limpieza previa de posible cascarilla cristalizada mediante un cepillado con alambre.
- Extraer los restos de fibra desgastadas en juntas.
- Retacado de juntas con fibra nueva.



Imagen 37: Reparación de Juntas en Paredes

Reparación de zonas dañadas

- Paredes (paños y bajos)

Los bajos de las paredes laterales se pueden ver deterioradas considerablemente por culpa del roce de las cabezas y colas de las palanquillas.

- Proceder a demolición de las zonas.



Imagen 38: Reconstrucción de Paño de Pared

- Llevar a cabo reparación de daños.
- Realizar la reconstrucción de la zona con hormigón refractario.



Imagen 39: Paño reparado

- Puertas de entrada y salida:

Debido a golpes recibidos (principalmente por fallos de ciclo de extractores, palanquillas dobladas, escoria en la solera) por las palanquillas a su salida del horno sobre el hormigón refractario que compone el marco de salida de palanquillas, el módulo de pared se puede ver dañado.

El procedimiento es el mismo que en las paredes laterales (demolición de la zona, reparación de daños de estructura y posterior reconstrucción con hormigón refractario).



Imagen 40: Reconstrucción de Puertas de entrada y salida

El revestimiento se compone de 50 mm de manta de fibra cerámica (1400°C), 114 mm de ladrillo aislante del grupo 23 m y hormigón denso.

10.3.6 Alcance de trabajos

Estimaciones de alcance para llevar a cabo tareas ordinarias en el tiempo de parada anual (Horno ELTI):

- Previo:
 - ✓ Desmontaje de coberturas de entrada de palanquillas (vestíbulo).
 - ✓ Introducción de módulos de descarga para relaminado de palanquillas.
 - ✓ Extracción de módulos de descarga para vaciar horno y dejar solera libre.
 - ✓ Enfriamiento del horno para efectuar el mantenimiento en el interior.
- Recuperadores:
 - ✓ Desmontaje de tornillería de recuperadores y limpieza del interior.
 - ✓ Recambio de masa cerámica del interior de los recuperadores.
 - ✓ Reparación a paleta de bocas de entrada a recuperadores.
 - ✓ Sustitución de lanzas de gas en los quemadores.
- Solera:
 - ✓ Limpieza y retirada de la capa de escoria que se deposita en la solera, reparando capa de refractario eventualmente dañada, especialmente los paños de la entrada que hay entre los raíles.
 - ✓ Limpieza de juntas de solera y canalones de entrada y salida (especial atención en zona 6 de bóveda-quemadores).
 - ✓ Levantamiento topográfico de niveles de solera (especial atención a zona Skid-Pipes de entrada, zona de chaflán de Magmalox y zona de salida).
 - ✓ Reparación zona Skid-Pipes (hormigón refractario).
 - ✓ Ejecución de chaflán con mortero refractario denso en zona Skid-Pipes, incluyendo retacado con fibra.
 - ✓ Evaluación y reparación de solera en zona Magmalox.
 - ✓ Vertido de hormigón denso en solera en caso de piezas de Magmalox que estén en mal estado y no exista repuesto, incluyendo una demolición previa.
 - ✓ Ejecución de juntas zona Skid-Pipes.
- Paredes:
 - ✓ Raspado de paredes mediante cepillado con alambres en las zonas donde se encuentre cascarilla cristalizada.

- ✓ Reconstrucción de zonas de pared dañadas por el roce de las palanquillas.
- ✓ Reparación del refractario en el paño de pared en la puerta de entrada y salida de palanquillas, incluyendo las propias puertas.
 - Otros:
- ✓ Sustitución de juntas de fibra cerámica en techo, paredes y solera.
- ✓ Retacado con fibra y mortero de piezas de refractario de rodillos.
- ✓ Reparación de refractario en zonas de tolvas de recogida de escoria.
- ✓ Reparación con fibra cerámica de 1400°C de tramos de nariz que se hayan desprendido.
- ✓ Cierre de trampillas y portillos con ladrillos refractario M90 y fibra cerámica.
- ✓ Ajuste y calibrado de aparatos de medida y control.
- ✓ Comprobación y revisión de todos los subprocesos o tareas realizadas.
- ✓ Puesta en marcha del horno (curva de calentamiento).

El material procedente de la limpieza se depositará en cubas suministradas por SISE, se situarán en la puerta de entrada del horno y la puerta del mantenimiento del mismo. Todo el material necesario para efectuar el mantenimiento forma parte del proveedor exceptuando algunos útiles necesarios que serán proporcionados por la propia Siderúrgica.

Posibles tareas no ordinarias:

- ✓ Sustitución completa de piezas Magmalox.
 - ✓ Reparación de Skid-Pipes (zona de refrigeración).
 - ✓ Reparación zona pared frontal.
 - ✓ Sustitución por zonas completa de anclajes metálico y cerámico en bóveda.
 - ✓ Sustitución de un recuperador por otro de repuesto (disponible en Siderúrgica).
- Cualquier caso imprevisto realizando el mantenimiento in situ de la cámara se trata como caso extraordinario ya que aunque puede ser de poca relevancia no ha sido estimado previamente.

Estos trabajos extraordinarios conllevan unas modificaciones en tiempos de mantenimiento que como consecuencia traen un aumento de personal o ampliación de turnos (responsabilidad de la empresa externa encargada). También conlleva un aumento considerable en coste para el curso con tarea no ordinaria.

10.4 Definición de estándares

Se tratan los niveles de cotas y medidas referidas a la solera del Horno, que al terminar las tareas de mantenimiento han de quedar como se indica en los siguientes detalles del plano 3145-12-18 facilitado por la empresa ELTI (si existiese alguna duda consultar el plano).

Cualquier cota o medida no tomada correctamente podría generar fallos graves durante su funcionamiento (por ello serán revisadas antes de comenzar la puesta en marcha del propio horno).

El siguiente detalle del horno muestra la zona de entrada, la cota que tomamos de referencia es a nivel de Zona Magmalox (cota 0). La cota de los rodillos de entrada es de +5 mm con respecto al sistema de referencia.

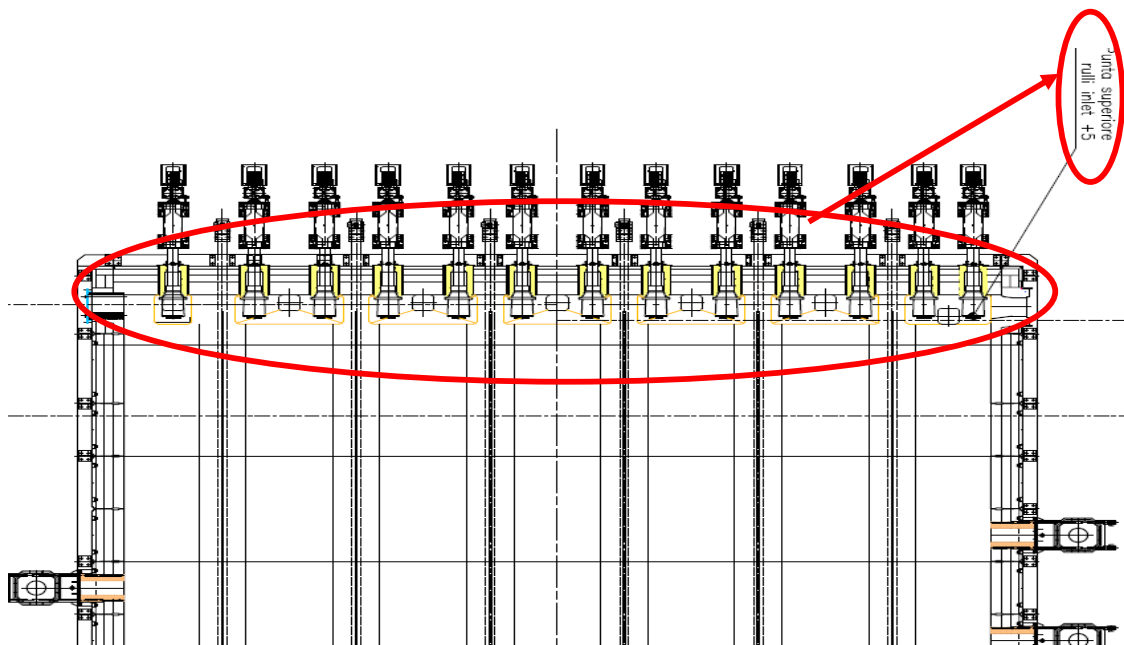


Imagen 41: Rodillos entrada

La Zona Skid-Pipes se encuentra por completo en cota +0 mm (referido a cuadradillos) en cuanto al sistema de referencia. Pero como veremos en el detalle de los raíles la soldadura de los mismos irá a cota +5 mm.

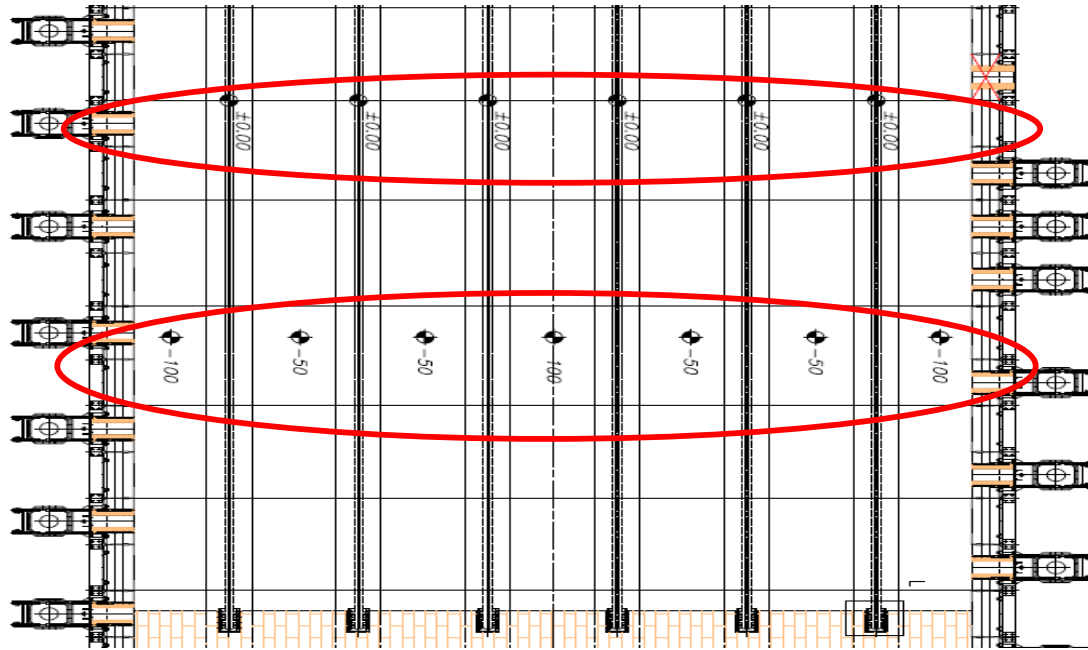


Imagen 42: Skid-Pipes

Como se ha dicho anteriormente el sistema de referencia tomado es la Zona Magmalox (cota 0), en el siguiente detalle se tiene los rodillos de salida con una cota +0 mm en cuanto a dicho sistema de referencia.

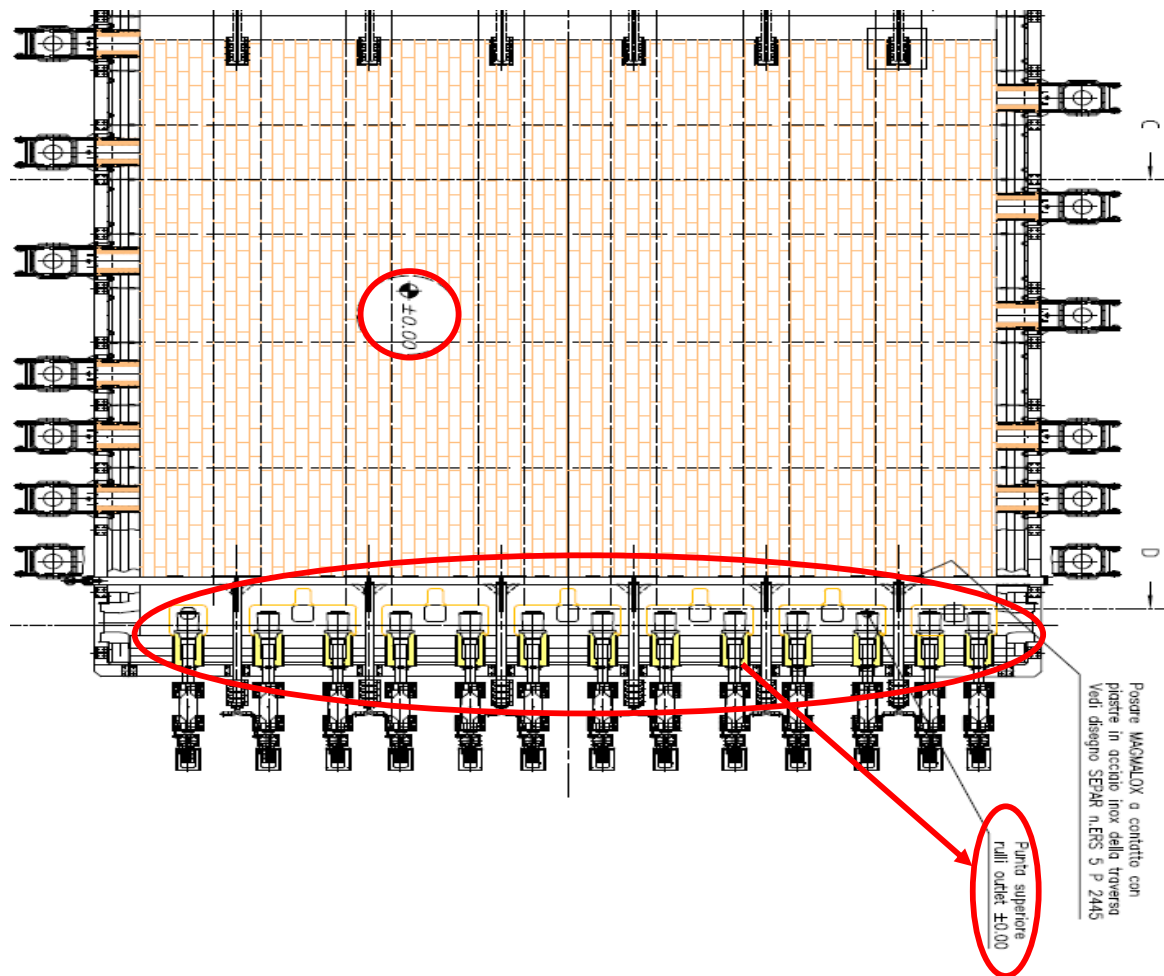


Imagen 43: Zona Magmalox y rodillos de salida

A continuación se muestran los niveles y cotas de un quiebro de sección, los 3 primeros se refieren a los raíles de entrada (cota +0 mm), y los 3 siguientes a los ejes de entrada de palanquillas (cota -35 mm).

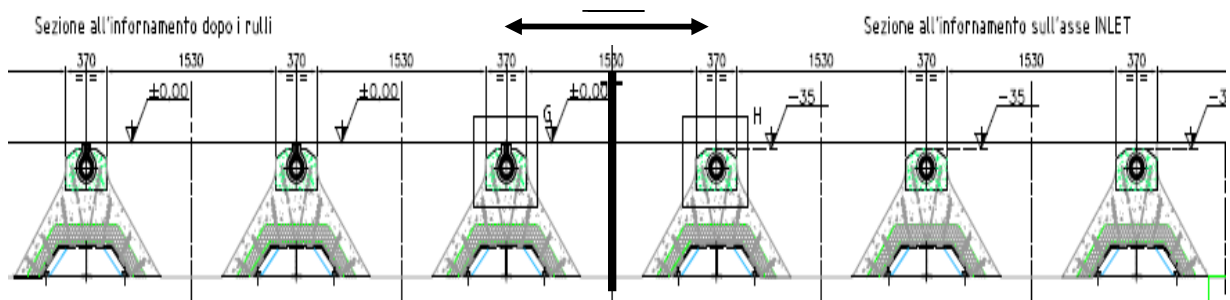


Imagen 44: Zona entrada (railes y ejes)

Aquí se muestran los detalles de las medidas de los raíles de entrada (soldadura) y los ejes de entrada de palanquillas (alturas y ángulos).

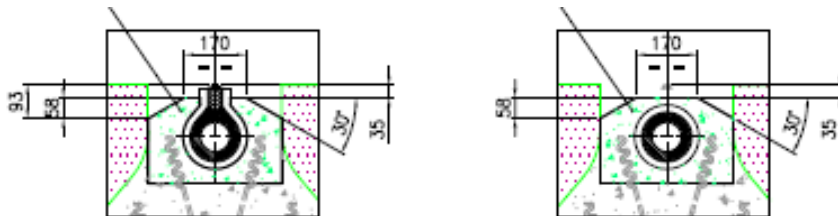


Imagen 45: Detalles entrada (rail y eje)

Los 6 Skid-Pipes se encuentran a cota +0 mm en cuanto al sistema de referencia (sin contar con la soldadura, ésta iría a cota +5 mm). Se muestra también sus medidas, alturas y distancias entre ellos.

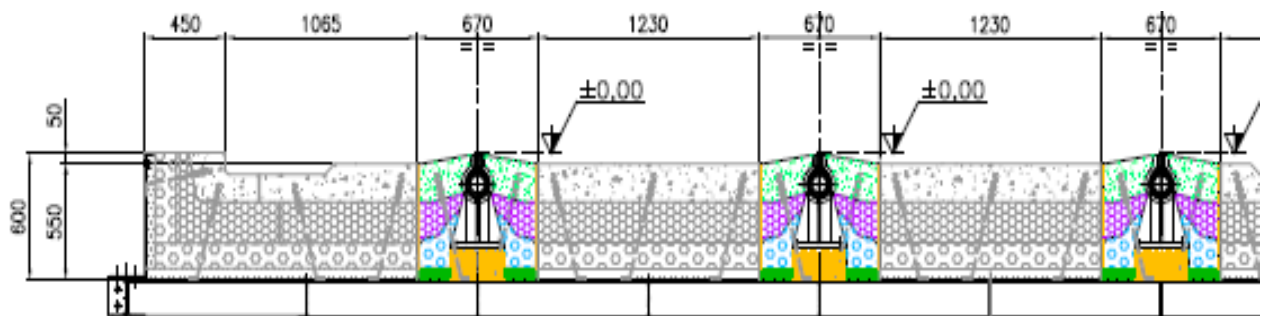


Imagen 46: Zona Skid-Pipes

El detalle de los raíles se muestra a continuación, las medidas de sus capas y la diferencia de altura entre el hormigón y el mortero.

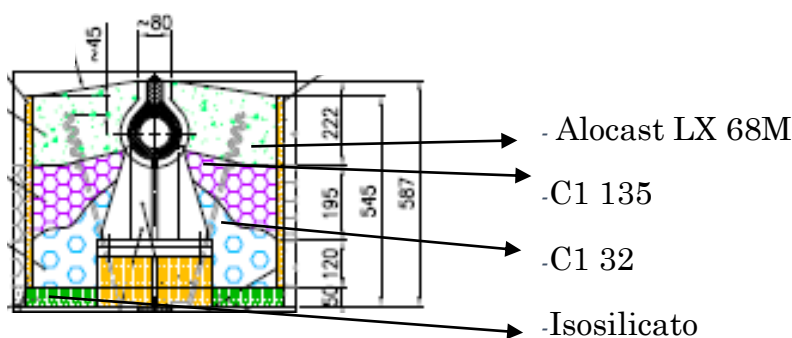


Imagen 47: Detalle Skid-Pipes

El Magmalox se encuentra a cota +0 mm (sistema de referencia tomado).

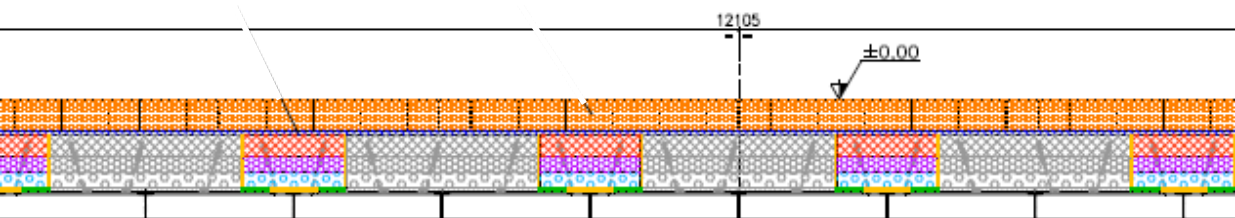


Imagen 48 Zona Magmalox

El detalle de las medidas de sus capas (pieza y capas inferiores):

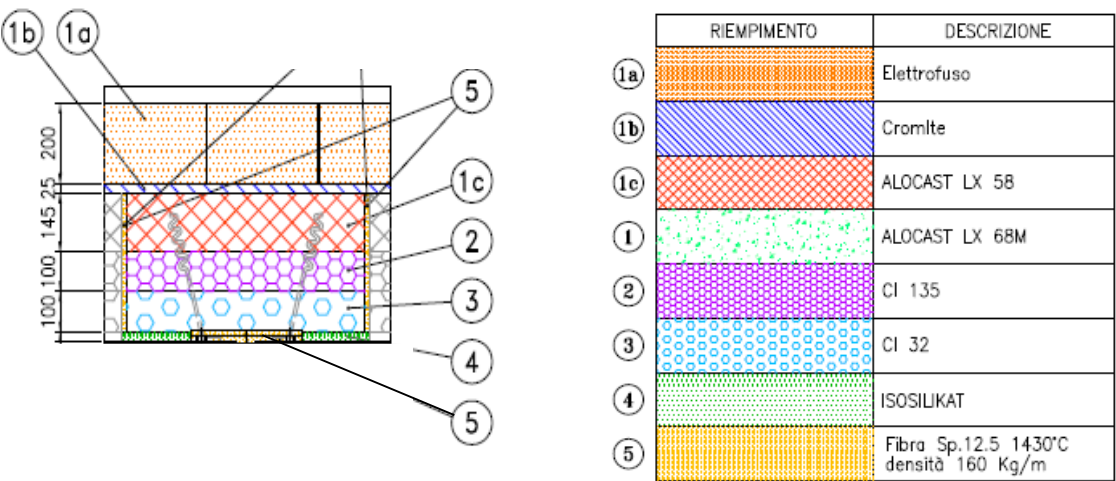


Imagen 49: Detalle de Magmalox

Por último, se muestra un segundo quiebro de sección en la salida del horno diferenciando las cotas de los raíles de salida (los 3 primeros a cota +0 mm) y las cotas de los ejes de salida de palanquillas (los 3 últimos a cota -35 mm).

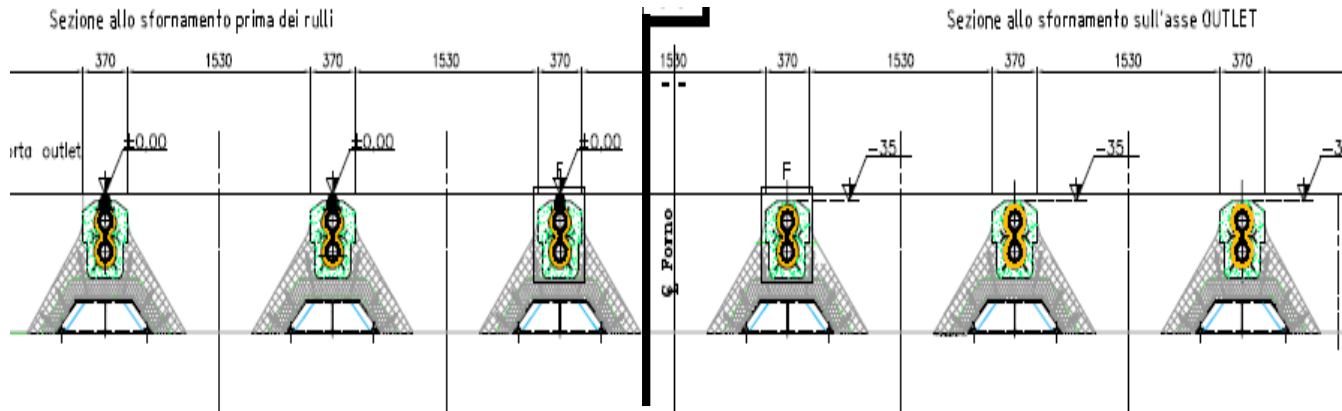


Imagen 50: Zona salida (railes y ejes)

Detalles y medidas de los raíles de salida con su respectivo caballete, y de los ejes de salida de palanquillas (alturas, distancias y ángulos).

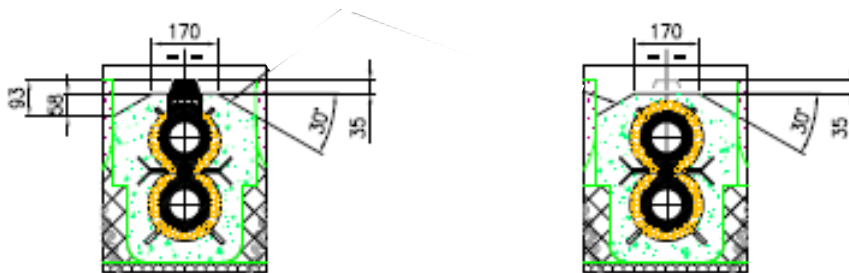


Imagen 51: Detalle salida (rail y eje)

10.5 Fin de proceso de Mantenimiento (Puesta en Marcha)

El último trabajo a realizar es sellar los portillos con ladrillo denso 115 mm de espesor y aislante 213 mm de espesor. Primeramente se realizará el sellado hasta la mitad para poder ir comprobando visualmente un técnico experto proveniente de la empresa ELTI que todo está ejecutándose de forma correcta y que los trabajos están debidamente realizados. Cuando el técnico lo vea oportuno se sellarán por completo todos los portillos. Una vez realizado todo el proceso de mantenimiento se necesita un periodo aproximado de 4 días para la comprobación y puesta en marcha del horno.

Para este último proceso es necesaria la presencia de un técnico de ELTI, tanto para una evaluación previa a la puesta en marcha como para el mismo proceso de arranque.

10.5.1 Llenado del Horno

Una vez realizada las primeras comprobaciones por el técnico y antes de poner en marcha el horno:

- Activar primeramente sistemas de refrigeración (se puede efectuar al terminar los trabajos en zona de railes y rodillos).
- Activar central hidráulica y sistemas de entrada.
- Introducir las primeras palanquillas (parque de palanquillas). Duración estimada de 2-3 horas.
- Completar zona Skid-Pipes de palanquillas.
- Consignar de nuevo central hidráulica y sistemas de entrada.

El estado actual del horno es en parada, el mantenimiento está realizado y comprobado, el sistema de refrigeración está en modo funcionamiento y además la zona de los railes está repleta de palanquillas.

Entonces se vuelve a comprobar que las reparaciones en dicha zona han sido efectuadas de forma correcta y se sigue con el proceso de puesta en marcha.

Se ocupan unas horas de espera para efectuar el montaje del Vestíbulo.

10.5.2 Montaje del Vestíbulo

Para realizar este trabajo se necesitarán los mismos útiles que en el desmontaje (apartado 2.1.1). El proceso se realiza de la misma forma pero invirtiendo el orden:

- Transportar los elementos modulares a la zona acotada cercana al horno.
- Con ayuda de la Grúa de SISE nº 75 colocarlos uno a uno.
- Atornillar los módulos desde el centro a los extremos (7 módulos).
- Montar el Flapper (parte superior módulo 4).
- Montar el motor del Flapper y el láser de entrada.
- Conectar energía eléctrica (mantenimiento eléctrico).

Esta tarea conlleva una duración de 6-8 horas.

10.5.3 Rampa de calentamiento

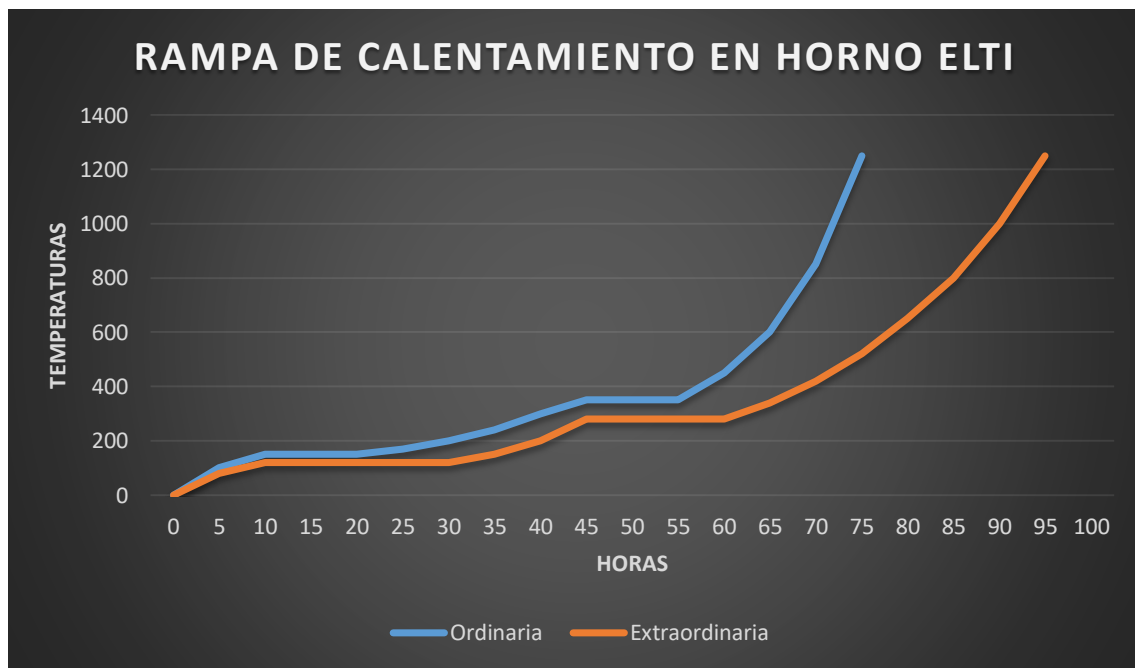
Una vez el Vestíbulo ha sido montado de nuevo y con el interior del horno lleno de palanquillas en zona de Skid-Pipes:

- Reactivar central hidráulica, sistema de entrada de palanquillas y sistemas de combustión Gas del horno (todos los sistemas anteriormente consignados son activados de nuevo, el horno ya no se encuentra en estado de parada, sino en modo funcionamiento).

La subida de temperatura del horno se realiza de forma progresiva, por horas (en año ordinario suele ser 72 horas para alcanzar los 1250°C), si existiese alguna tarea extraordinaria ese año el tiempo en llegar a su temperatura normal de funcionamiento podría prolongarse (96 horas).

El comienzo suele ser lento ya que es una etapa de secado. Posteriormente se va acelerando el proceso subiendo la temperatura en trayectos de tiempo más cortos hasta alcanzar la temperatura de 1250°C como podemos ver en la siguiente gráfica.

El proceso de encendido del Horno está recogido paso a paso en el protocolo LAP – 1102-1, el cual se debe seguir al detalle.



Gráfica 4: Rampa de Calentamiento (72h ó 96h)

11.CONCLUSIÓN: PLIEGO DE CONDICIONES Y PETICIÓN POR PARADA

Todos los pliegos de condiciones que se van a detallar a continuación pertenecen al departamento de laminación. Las tareas o trabajos siguientes se realizarán en turnos no productivos.

Estos pliegos conllevan una serie de tareas a realizar de forma ordenada y con ellas unas cantidades y sus respectivas unidades dependiendo del año en curso.

Una vez realizado el pliego de condiciones y su debida petición se gestionará por parte del departamento correspondiente (compras, administración general...) la elección de la empresa adecuada para realizar el mantenimiento, por último se realizará el pedido.

Cada uno de los pliegos de condiciones lleva una identificación propia numérica, un código de proyecto y un peticionario. También deberá llevar el documento reflejado los siguientes detalles:

- Fecha y firma del proveedor.
- Sello del proveedor.
- Fecha, nombre y firma del técnico peticionario responsable de SISE.
- Fecha, nombre y firma del jefe de departamento emisor.
- Anexos de Prevención de Riesgos Laborales, Medioambiente e instrucciones en caso de emergencia.



Pliego de condiciones para la contratación de obras y/o servicios.

Pliego de condiciones nº: **1064 / 18**
Código de proyecto: **D@37**

Peticionario: **A.ESPINOSA**
Fecha emisión: **11/01/18**

1. DESCRIPCIÓN. (A rellenar por el peticionario)

POS.	1.1. CLASE. (Cumplimentar los apartados que correspondan)	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UD.	PRECIO POS.
	<p>A. OBRAS:</p> <p><input type="checkbox"/> NUEVA INSTALACIÓN / EDIFICACIÓN / CONSTRUCCIÓN</p> <p><input type="checkbox"/> MODIFICACIÓN/ REFORMA / AMPLIACIÓN</p> <p><input type="checkbox"/> SUSTITUCIÓN / REPARACIÓN</p> <p><input type="checkbox"/> DEMOLICIÓN</p> <p><input type="checkbox"/> OTROS</p> <p>(ADJUNTAR, SI PROCEDE, DESCRIPCIÓN TÉCNICA)</p> <p>OBJETO:</p> <p>B. SERVICIOS:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> MANTENIMIENTO / REVISIONES</p> <p><input type="checkbox"/> SERVICIOS PROFESIONALES</p> <p><input type="checkbox"/> VERIFICACIONES / INSPECCIONES</p> <p><input type="checkbox"/> LIMPIEZA</p> <p><input type="checkbox"/> OTROS</p> <p>(ADJUNTAR, SI PROCEDE, DESCRIPCIÓN TÉCNICA)</p> <p>OBJETO: REPARACION DE REFRACTARIOS EN HORNO ELTI</p>	N.	1		

Imagen 52: Portada del Pliego de Condicion

12.REFERENCIAS

RIVA, CLAUDIO. Horno de Recalentamiento ELTI. En MILANO, ITALIA. Horno de Recalentamiento Siderúrgico.

Grupo RIVA, SIDERÚRGICA SEVILLANA, S.A.2003

MEJÍAS, CARLOS. Productividad Diaria de Laminación. En SEVILLA, ESPAÑA. Guía de Formación para el uso del DBI.

Grupo RIVA, SIDERÚRGICA SEVILLANA, S.A.2018

<http://srv-esdbi1/sites/laminacion/SitePages/Resumen.Diario.aspx>

SALVATIERRA DIÁNEZ, FRANCISCO JAVIER. Combustión Horno de Recalentamiento. En SEVILLA, ESPAÑA. Formación Hidráulica en Equipo de Horno. Grupo RIVA, SIDERÚRGICA SEVILLANA, S.A.2018.

ESPINOSA ROMERO, ANTONIO. Mantenimiento Horno ELTI. En SEVILLA, ESPAÑA. Guía de Mtto. y ejecución en parada. Grupo RIVA, SIDERÚRGICA SEVILLANA, S.A.2018

PIANTONI, NICOLA. Jefe Mtto. Mecánico ELTI. En TORINO, ITALIA. Mtto Anual Horno desde la Entrada hasta la Salida por dentro y fuera. ELTI, 2017-2018.

STOLIAROVA, VICTORIA. Comercial Producción MGX. En BARCELONA, ESPAÑA. Reparación o sustitución de piezas Magmalox y piezas de Bóveda. SAINT-GOBAIN, 2018.

MARTÍN, JUAN ANTONIO Y GARCÍA CARMONA, FERNANDO. Automatismo y Control Horno. En SEVILLA, ESPAÑA. Guía de uso y manejo del IBA Analyzer. Grupo RIVA, SIDERÚRGICA SEVILLANA, S.A.2018

PATRONI, MANUEL. Laminación en Caliente de Productos Largos. En MILANO, ITALIA. Diferencias de Eficiencia Energética en Horno ELTI. Grupo RIVA, CHERVENO 2018.

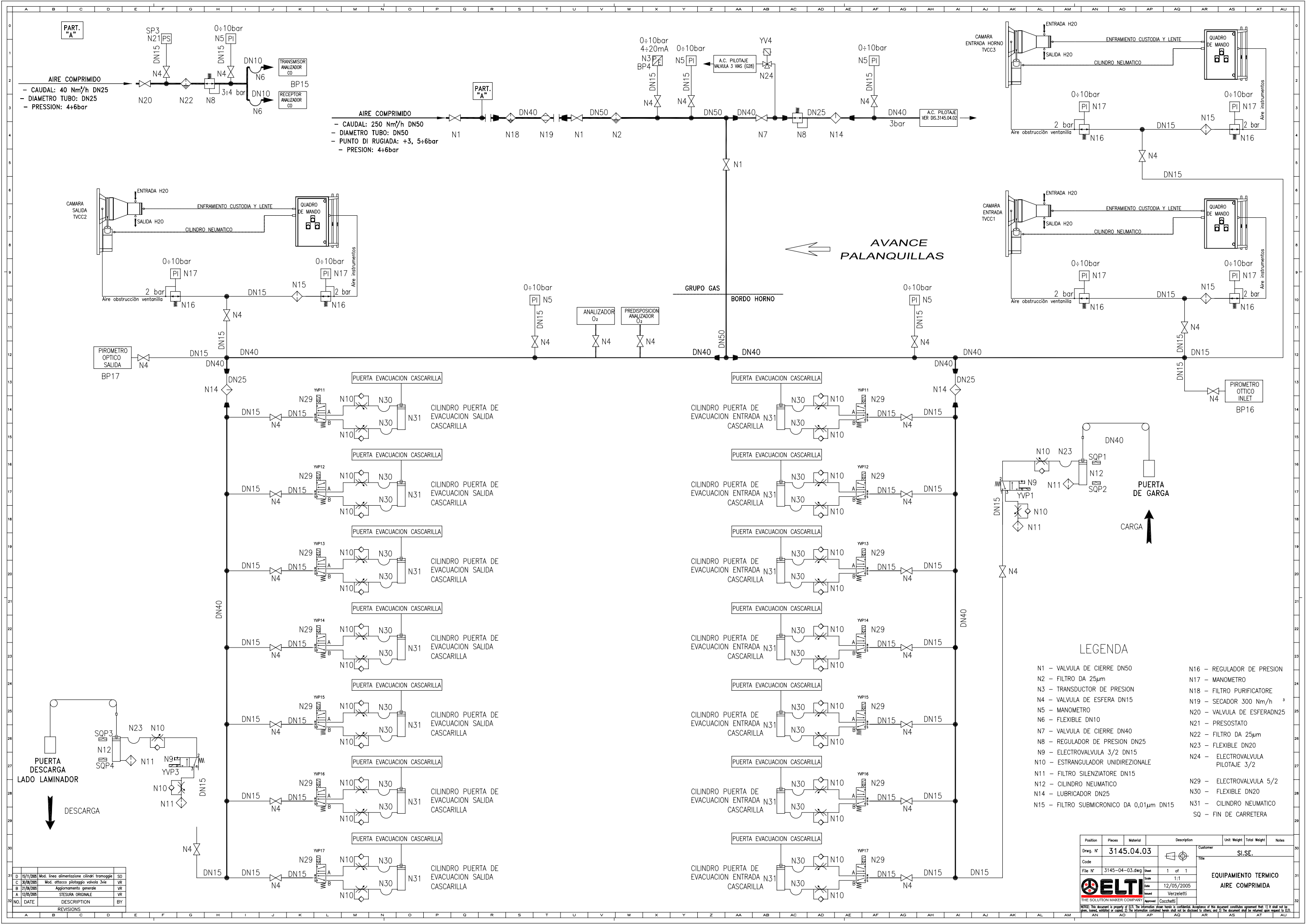
ZARCO, JAVIER. Acería y Colada Continua GR. En SEVILLA, ESPAÑA Y MILANO, ITALIA. Previa entrada de lingotes de acero al horno ELTI, inicio de proceso productivo. Grupo RIVA, SIDERÚRGICA SEVILLANA Y CHERVENO, 2018.

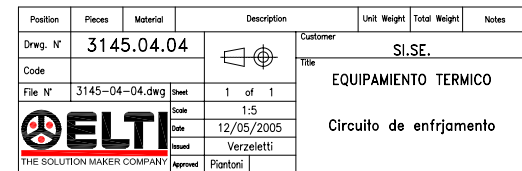
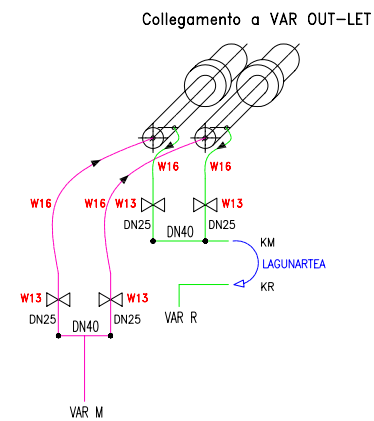
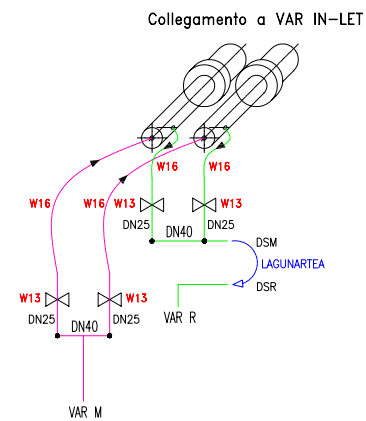
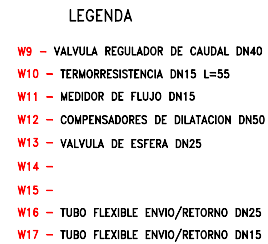
LUNA, GERMÁN Y BENÍTEZ, SERGIO. Oficina Técnica. En SEVILLA, ESPAÑA. Planos modificados y consulta. Grupo RIVA, SIDERÚRGICA SEVILLA, S.A.. Planos ELTI, 2018.


<http://srv-esdc2/AutodeskTC/Landing?ReturnUrl=http%3a%2f%2fsrv-esdc2%2fAutodeskTC>


FERNÁNDEZ, FRANCISCO JAVIER. Oficina Técnica. En SEVILLA, ESPAÑA. Obra y Proyecto de Sustitución de Combustible en el Horno. Grupo RIVA, SIDERÚRGICA SEVILLANA, S.A. 2018

- Nota: Toda la documentación e información necesaria así como la formación recibida ha sido suministrada por Siderúrgica Sevillana en periodo de Prácticas y posterior contratación como Ingeniero Técnico en Formación.

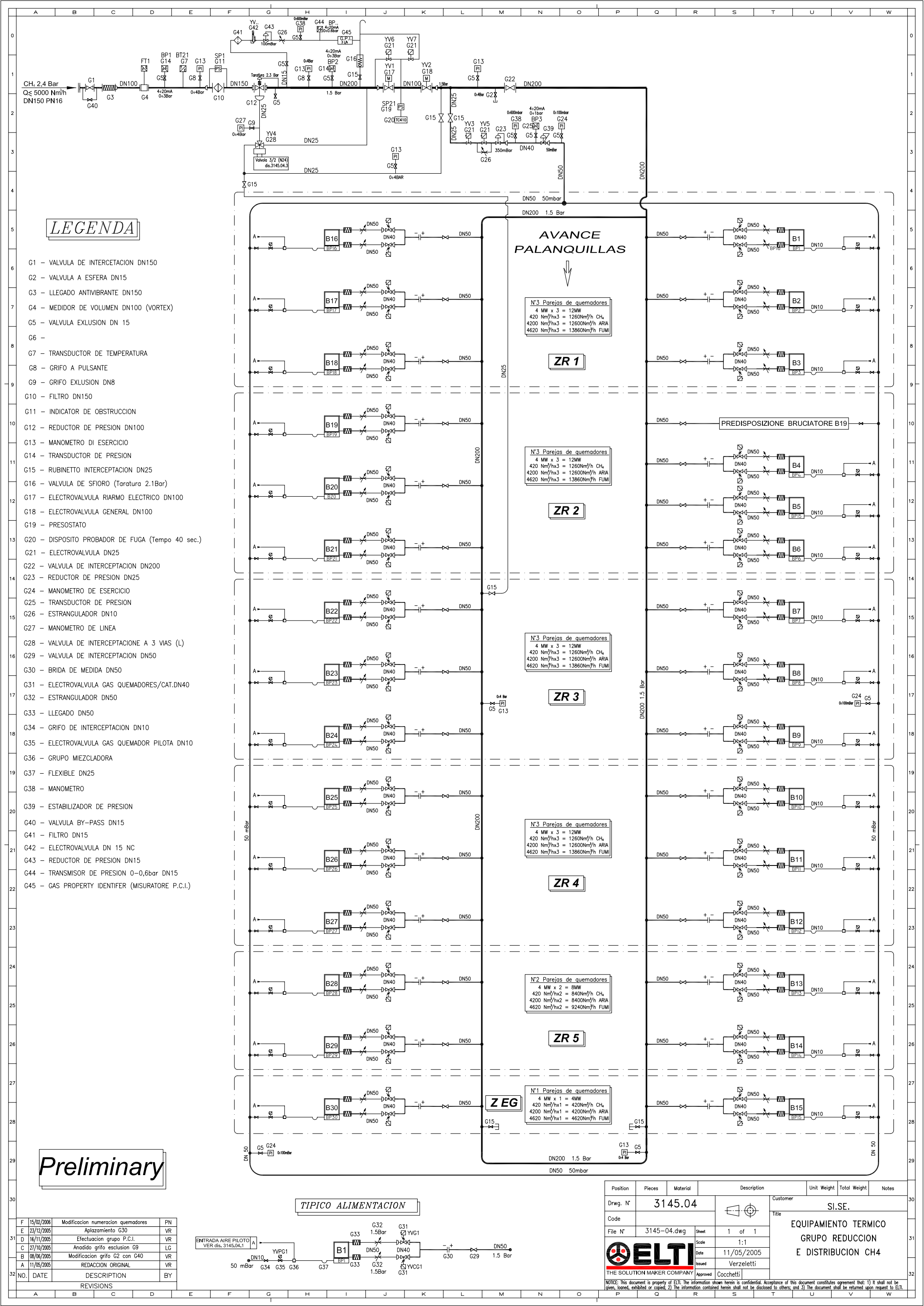




Position	Pieces	Material	Description	Unit Weight	Total Weight	Notes	
Dwg. N°	3145.04.02			Customer			
Code				SI.SE.			
File N°	3145-04-02.dwg	Sheet		1 of 1	EQUIPAMIENTO TERMICO		
		Scale		1:2.5	DISTRIBUCION		
		Date		12/05/2005	EVACUACION HUMOS Y		
		Issued	Verzeletti	AIRE COMPRIMIDO			
		Approved	Cocchetti				



NOTICE: This document is property of ELTI. The information shown herein is confidential. Acceptance of this document constitutes agreement that: 1) it shall not be given, loaned, exhibited or copied; 2) The information contained herein shall not be disclosed to others; and 3) The document shall be returned upon request to ELTI.

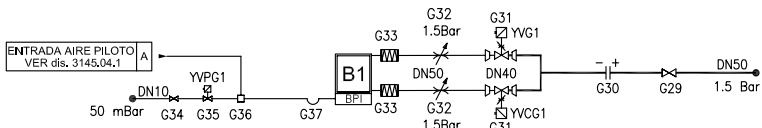


LEGENDA



- G1 - VALVULA DE INTERCETACION DN150
- G2 - VALVULA A ESFERA DN15
- G3 - LLEGADO ANTIMBRANTE DN150
- G4 - MEDIDOR DE VOLUMEN DN100 (VORTEX)
- G5 - VALVULA EXLUSION DN 15
- G6 -
- G7 - TRANSDUCTOR DE TEMPERATURA
- G8 - GRIFO A PULSANTE
- G9 - GRIFO EXLUSION DN8
- G10 - FILTRO DN150
- G11 - INDICATOR DE OBSTRUCCION
- G12 - REDUCTOR DE PRESION DN100
- G13 - MANOMETRO DI ESERCICIO
- G14 - TRANSDUCTOR DE PRESION
- G15 - RUBINETTO INTERCEPTACION DN25
- G16 - VALVULA DE SFIORO (Taratura 2.1Bar)
- G17 - ELECTROVALVULA RIARMO ELECTRICO DN100
- G18 - ELECTROVALVULA GENERAL DN100
- G19 - PRESOSTATO
- G20 - DISPOSITO PROBADOR DE FUGA (Tempo 40 sec.)
- G21 - ELECTROVALVULA DN25
- G22 - VALVULA DE INTERCEPTACION DN200
- G23 - REDUCTOR DE PRESION DN25
- G24 - MANOMETRO DE ESERCICIO
- G25 - TRANSDUCTOR DE PRESION
- G26 - ESTRANGULADOR DN10
- G27 - MANOMETRO DE LINEA
- G28 - VALVULA DE INTERCEPTACION A 3 VIAS (L)
- G29 - VALVULA DE INTERCEPTACION DN50
- G30 - BRIDA DE MEDIDA DN50
- G31 - ELECTROVALVULA GAS QUEMADORES/CAT.DN40
- G32 - ESTRANGULADOR DN50
- G33 - LLEGADO DN50
- G34 - GRIFO DE INTERCEPTACION DN10
- G35 - ELECTROVALVULA GAS QUEMADOR PILOTA DN10
- G36 - GRUPO MIEZCLADORA
- G37 - FLEXIBLE DN25
- G38 - MANOMETRO
- G39 - ESTABILIZADOR DE PRESION
- G40 - VALVULA BY-PASS DN15
- G41 - FILTRO DN15
- G42 - ELECTROVALVULA DN 15 NC
- G43 - REDUCTOR DE PRESION DN15
- G44 - TRANSMISOR DE PRESION 0-0,6bar DN15
- G45 - GAS PROPERTY IDENTIFER (MISURATORE P.C.I.)

Preliminary

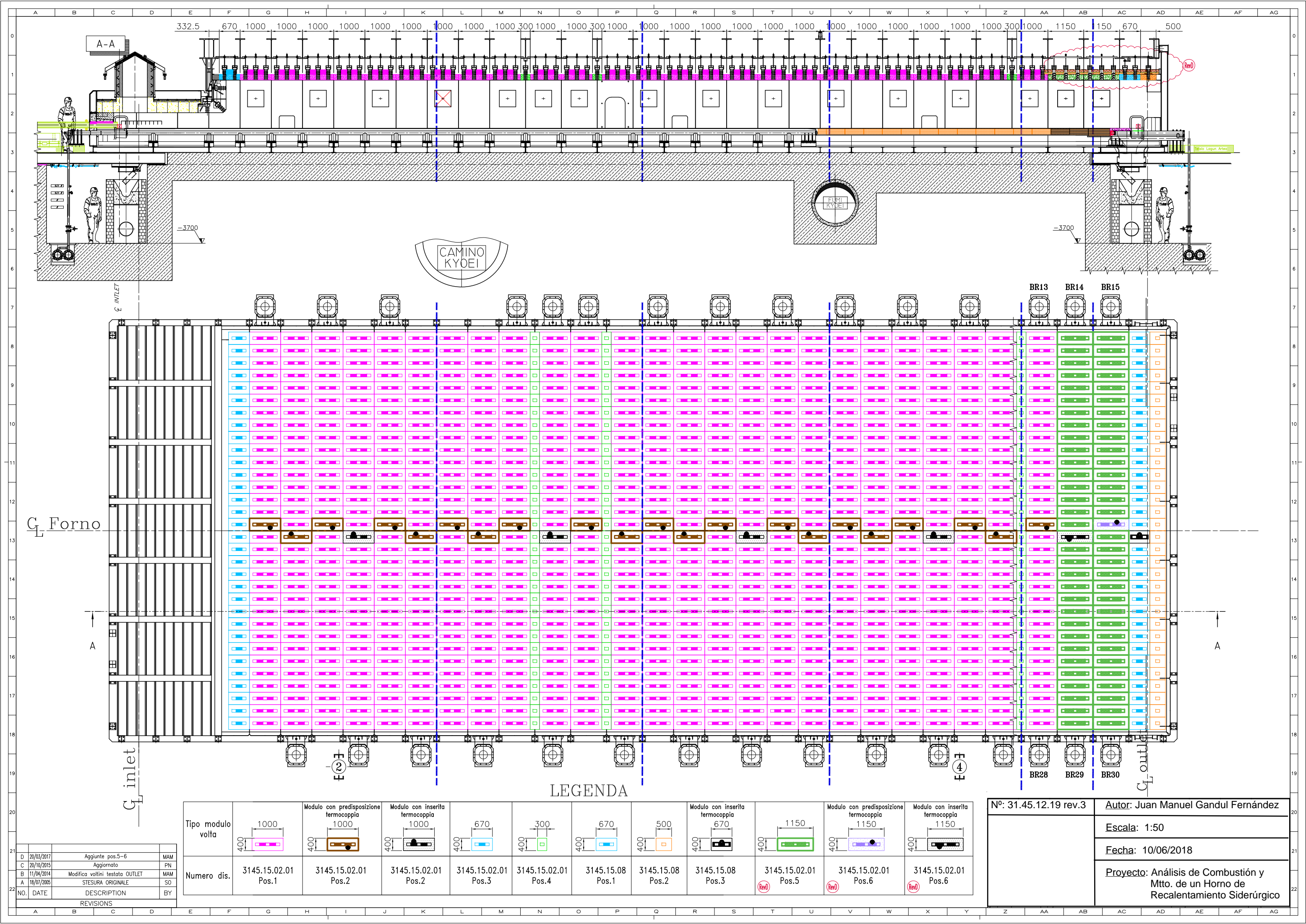
TIPICO ALIMENTACION



NO.	DATE	DESCRIPTION	BY
REVISIONS			
F	15/02/2006	Modificacion numeracion quemadores	PN
E	23/12/2005	Aplazamiento G30	VR
D	16/11/2005	Efectuacion grupo P.C.I.	VR
C	27/10/2005	Anadido grifo exclusion G9	LG
B	08/06/2005	Modificacion grifo G2 con G40	VR
A	11/05/2005	REDACCION ORIGINAL	VR

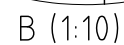
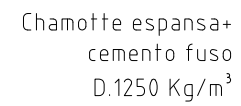
Position	Pieces	Material	Description		Unit Weight	Total Weight	Notes
Drwg. N°	3145.04			Customer			
Code				Title			
File N°	3145-04.dwg	Sheet		1 of 1	EQUIPAMIENTO TERMICO GRUPO REDUCCION E DISTRIBUCION CH4		
	Scale	1:1					
	Date	11/05/2005					
	Issued	Verzeletti					
	Approved	Cocchetti					
THE SOLUTION MAKER COMPANY							
NOTICE: This document is property of ELTI. The information shown herein is confidential. Acceptance of this document constitutes agreement that: 1) It shall not be given, loaned, exhibited or copied; 2) The information contained herein shall not be disclosed to others; and 3) The document shall be returned upon request to ELTI.							
P	Q	R	S	T	U	V	W

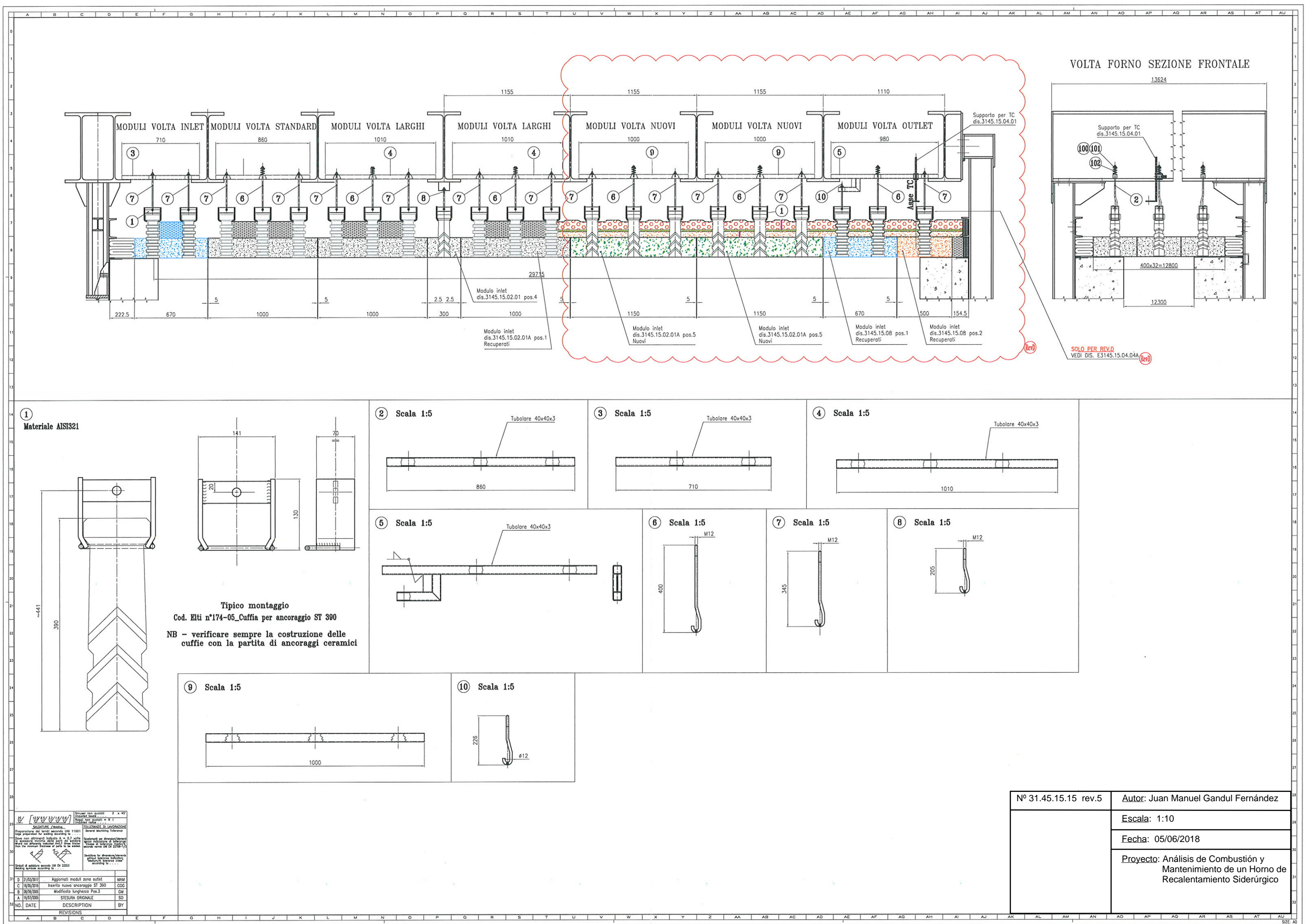
NOTICE: This document is property of ELTI. The information shown herein is confidential. Acceptance of this document constitutes agreement that: 1) It shall not be given, loaned, exhibited or copied; 2) The information contained herein shall not be disclosed to others; and 3) The document shall be returned upon request to ELTI.



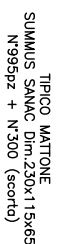
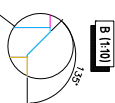
D	20/03/2017	Aggiunte pos.5-6	MAM
C	20/10/2015	Aggiornato	PN
B	11/04/2014	Modifica voltini testata OUTLET	MAM
A	18/07/2005	STESURA ORIGINALE	SO
NO.	DATE	DESCRIPTION	BY
REVISIONS			

Nº: 31.45.12.19 rev.3	Autor: Juan Manuel Gandul Fernández
Escala: 1:50	
Fecha: 10/06/2018	
Proyecto: Análisis de Combustión y Mto. de un Horno de Recalentamiento Siderúrgico	





A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT
Sheet 0																																													



AU	
SIZE: NO	